

VERÖFFENTLICHUNG DER BAYERISCHEN KOMMISSION
FÜR DIE INTERNATIONALE ERDMESSUNG
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Heft Nr. 23

JÜRGEN WOHLBERG

Seismizität der ostafrikanischen Grabenzonen
zwischen 4°N und 12°S sowie 23°E und 40°E

(Abgeleitet aus Aufzeichnungen der Erdbebenstationen
des I. R. S. A. C., Dem. Rep. Congo, für die Zeit von 1958 bis 1963)

1967

München 1968

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

VERÖFFENTLICHUNG DER BAYERISCHEN KOMMISSION
FÜR DIE INTERNATIONALE ERDMESSUNG
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Heft Nr. 23

Seismizität der ostafrikanischen Grabenzonen
zwischen 4°N und 12°S sowie 23°E und 40°E

(Abgeleitet aus Aufzeichnungen der Erdbebenstationen
des I. R. S. A. C., Dem. Rep. Congo, für die Zeit von 1958 bis 1963)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Vorgelegt von
Jürgen Wohlenberg
aus Berlin

München 1968

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

Adresse der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung:

BAYERISCHE KOMMISSION
FÜR DIE INTERNATIONALE ERDMESSUNG

Geschäftsstelle:

Bayerische Akademie der Wissenschaften
8 München 22, Marstallplatz 8



1. Berichterstatter: Prof. Dr. O. Förtsch
2. Berichterstatter: Prof. Dr. G. Angenheister
Tag der mündlichen Prüfung: 26. Juli 1967

Copyright 1967 by Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut München

Alle Rechte vorbehalten. Ohne Genehmigung der Herausgeber ist es auch nicht gestattet, die Veröffentlichung oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

Druck Gebr. Brunner, München

VORWORT

Die vorliegende Arbeit wurde vom Mai 1964 bis September 1966 am Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Central (I.R.S.A.C.) in der Dem. Republik Congo (Kinshasa) und ab September 1966 am Geophysikalischen Observatorium der Ludwig-Maximilians-Universität in Fürstfeldbruck angefertigt. Für die Anregung zu dieser Arbeit und die stete Förderung derselben danke ich meinen verehrten Lehrern Herrn Prof. Dr. G. Angenheister und Herrn Prof. Dr. O. Förtsch. Besonders dankbar bin ich Herrn Dr. U. Rahm, Direktor des I.R.S.A.C., für die großzügige Förderung, die er meiner Arbeit in der Dem. Republik Congo zuteil werden ließ. Die Arbeit wurde ermöglicht mit finanzieller Unterstützung der U.S. National Science Foundation (Grant No. GP 418). Herrn T. Janssen von der Assistance Technique Belge, meinem Mitarbeiter in der Abteilung Seismologie des I.R.S.A.C., bin ich zu ganz besonderem Dank verpflichtet für die Hilfe bei der Beschaffung des Materials zu der vorliegenden Arbeit.

Nicht zuletzt danke ich allen kongolesischen Institutionen und Dienststellen für die großzügige Förderung bei der Durchführung von makroseismischen Untersuchungen im Gelände.

SUMMARY

In this paper epicentral maps of earthquakes of the East African Rift Valleys between 4°N , 12°S and 23°E , 40°E are presented, based on instrumental observations of the I.R.S.A.C. (Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale) seismological stations Iwiro, Uvira, Rumangabo, Delcomune (Dem.Rep. Congo), and Astrida (Ruanda). Complete data were available for the Western Rift Valley for the period 1956 to 1963 and for the Eastern Rift Valley for the period 1958 to 1963. The investigations add to the work of J.CL.DE BREMAECKER, G.SUTTON, E.BERG, and T.JANSSEN (1958, 1959) concerning the Western Rift, and for the first time give maps of the distribution of epicenters in the Eastern Rift Valleys.

The location of epicenters was determined geometrically, using the time tables of JEFFREYS and BULLEN (1948). The reliability of this method of construction applied to the considered region of East Africa was demonstrated by comparison of macroseismic and distant-earthquake investigations with the results of near-earthquake observations.

For the investigated region a fivefold subdivision was made (three areas for the Western Rift Valley, Figs. 16, 22, 25, and two areas for the Eastern Rift Valley, Figs. 27, 29). The epicenters of these areas are compared with the maps of the tectonic pattern of East Africa after L.CAHEN (1952) and R.FURON (1959).

It is stated that the seismic activity mainly is connected with the great tectonic structures. Exceptions are the seismic regions between the Western Rift Valley and the Congo River as well as between the Western and the Eastern Rift Valleys, which are not connected with any known tectonic structure.

Special attention is paid to three seismic events in the central Rift zone (earthquakes of Uvira, 1960, Bukavu, 1965, and the Ruwenzori Mts., 1966) and one earthquake in the Eastern Rift Valley (earthquake of Tanzania, 1964). The aftershock frequency and the strain release are analysed (Figs. 20, 21, 24, 26, 30). The seismicity of the Virunga Volcanoes is discussed. The focal depth within the central Rift Valley is investigated using 74 chosen earthquakes. The result is an average focal depth of ca. 20 km.

The earthquake frequency of the region as a whole and of the Western and Eastern parts of the Rift System separately, have been analysed. If the observed data are normalised to a one year period and a magnitude interval of $\delta M = 1$ the constants of RICHTER's relation $\text{Log } N = a + b M$, assuming its validity are $a = 5.7$ and $b = -0.85$.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
VORWORT	
SUMMARY	
I. EINLEITUNG	1
II. HISTORISCHER ÜBERBLICK	2
III. STATIONSBESCHREIBUNG	9
IV. AUSWERTEMETHODEN	12
IV.1. Bebenursachen	12
IV.2. Bestimmung der Epizentren	12
IV.3. Die Laufzeitkurven von JEFFREYS und BULLEN	15
V. DIE BRAUCHBARKEIT DER METHODE	17
V.1. Makroseismische Untersuchungen	18
V.2. Bestimmung der Epizentren aus Aufzeichnungen von Fernbeben	20
VI. MAGNITUDE, ENERGIE UND INTENSITÄT EINES ERDBEBENS	23
VI.1. Magnitude	23
VI.2. Intensität und Magnitude	27
VI.3. Magnitude und Energie	28
VII. FEHLER DER ZEITMESSUNG UND DER GESAMTFEHLER DER ERMITTELTEN HERDDATEN	28
VIII. DIE SEISMIZITÄT OSTAFRIKAS	29
VIII.1. Geographisch-geologischer Überblick	29
VIII.2. Teilgebiet 1	32
VIII.2.1. Epizentrenkarte	32
VIII.2.1.1. Das Albertsee-Gebiet	32
VIII.2.1.2. Das Ruwenzori-Semliki-Gebiet	34
VIII.2.1.3. Der Eduardsee und die Rwindi-Rutshuru-Ebene	34
VIII.2.1.4. Das Gebiet der Virunga-Vulkane	34
VIII.2.2. Das Ruwenzori-Beben vom 20. März 1966	36
VIII.3. Teilgebiet 2	40
VIII.3.1. Epizentrenkarte	40
VIII.3.1.1. Das Massisi Gebiet	41
VIII.3.1.2. Das Wasongola Gebiet	41
VIII.3.1.3. Der Kivusee	42
VIII.4. Teilgebiet 3	44
VIII.4.1. Epizentrenkarte	44
VIII.4.1.1. Die Ruzizi-Ebene und das Uvira-Bujumbura Gebiet	45
VIII.4.1.2. Das Malagarasi Gebiet	46
VIII.4.1.3. Der obere Tanganyika-Graben und die Luama-Ebene	46
VIII.5. Die Herdtiefe der Erdbeben in den Teilgebieten 1,2 und 3	46
VIII.6. Teilgebiet 4	47
VIII.6.1. Epizentrenkarte	47
VIII.6.1.1. Südlicher Tanganyika-Graben, Rukwa-Graben, Nyassa-Graben	48

	Seite
VIII.6.1.2. Der Upemba-Graben und das Moerosee-Gebiet	49
VIII.7. Teilgebiet 5	50
VIII.7.1. Epizentrenkarte	50
VIII.7.1.1. Das Rudolfsee-Gebiet und das nördliche Great Rift Valley	51
VIII.7.1.2. Der Viktoria-See und das Kavirondo Rift System . . .	52
VIII.7.1.3. Das südliche Great Rift Valley und das Eyasi-See Gebiet	52
VIII.7.1.4. Das Pangani- und das Kilombero Rift System	56
VIII.8. Die Seismizität Ostafrikas - Übersicht	57
IX. ZUSAMMENFASSUNG	62
LITERATURVERZEICHNIS	64
ERLÄUTERUNGEN ZUM ANHANG	70
ANHANG	71
LEBENS LAUF	95

I. EINLEITUNG

Im Anschluß an das Internationale Geophysikalische Jahr (IGY) 1957/58 wurde von V.V.BELOUSSOV 1960 ein Programm vorgeschlagen, das die Bezeichnung "Der obere Mantel und sein Einfluß auf die Entwicklung der Erdkruste" (Upper Mantle and its Influence on the Development of the Earth's Crust), oder kurz "Upper Mantle Project" (UMP) erhalten hat. Dieses Projekt wurde von der IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) als eigenes Arbeitsprogramm angenommen und der nationalen und internationalen Forschung empfohlen. 1964 stellte das Komitee des UMP drei Forschungsschwerpunkte heraus. Einer davon ist das Studium der weltweiten Grabensysteme (Study of the world-wide Riftsystems).

C.L.DRAKE 1964 beschreibt das System der mittelozeanischen Schwellen und Gräben als eine zusammenhängende, tektonische Struktur mit einer Länge von etwa 60.000 km. Er führt dazu aus: "Its development must be related to major events and sources of energy in the Earth's interior, and it must involve both the crust and the upper part of the mantle."

Der weitaus größte Teil dieser tektonischen Strukturen befindet sich unter den Ozeanen und ist somit direkten geophysikalischen und geologischen Untersuchungen schwer zugänglich. Nur an einigen wenigen Stellen der Erde lassen sich diese Strukturen auf den Kontinenten verfolgen, so z.B. in den Bruchzonen im Westen der U.S.A., auf Island, im Rheintalgraben und im Grabensystem des Baikalsees, insbesondere aber im etwa 6.000 km langen Grabensystem Ostafrikas. Untersuchungen der ostafrikanischen tektonischen Strukturen werden deshalb in den Vordergrund des UMP gestellt. V.V.BELOUSSOV 1964 unterstreicht dies; er schreibt: "Thus the study of the East African faults should . . . provide materials for the wide and highly debated problem of modern Geophysics and Geology about the conditions and history of origin of continents and oceans!"

Erdbeben sind Indikatoren für bruchtektonische Bewegungen in der Erdkruste und im oberen Mantel. Ihr Studium ermöglicht Aussagen über den Ort und das Ausmaß dieser Bewegungsvorgänge. Das UMP betont deshalb die Bedeutung seismischer Untersuchungen im Bruchzonengebiet Ostafrikas.

An seismologischen Untersuchungen in Ostafrika besteht nicht nur ein rein wissenschaftliches Interesse. Die technische Entwicklung in den afrikanischen Staaten erfordert mehr und mehr die Errichtung großer Industrie- und Versorgungsanlagen. Die Planung und der Bau solcher Anlagen in erdbebengefährdeten Gebieten erfordert eine genaue Kenntnis deren Seismizität: der geographischen Verteilung, der Stärke und der Häufigkeit der auftretenden Erdbeben.

Während seines Aufenthaltes am I.R.S.A.C. (Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Central) in der Demokratischen Republik Congo (Kinshasa) von Mai 1964 bis September 1966 hat der Autor das Departement Seismologie dieses Forschungs-Instituts geleitet. Bei dieser Tätigkeit wurde das Material zur vorliegenden Arbeit über die Seismizität Ostafrikas zusammengetragen und ausgewertet.

II. HISTORISCHER ÜBERBLICK

Die Geschichte der Erforschung der Erdbeben­­tätigkeit des afrikanischen Kontinents und insbesondere der ostafrikanischen Grabenzonen ist nicht viel älter als 60 Jahre.

A. SIEBERG schreibt 1904: "Der schwarze Erdteil ist an Erdbeben­­gegenden sehr arm; als solche sind nur bekannt die Küstengebiete des Mittelmeeres, Ägypten, Abessinien, namentlich die Gebiete Nyassa-Tanganyika-Albert-See, ferner in sehr geringem Maße das Kapland, die Guineaküste und endlich die Inselwelt, namentlich die Azoren und Kanaren . . ."

Er nennt damit als erster den westlichen Graben Ostafrikas als ein Gebiet erhöhter Erdbeben­­tätigkeit.

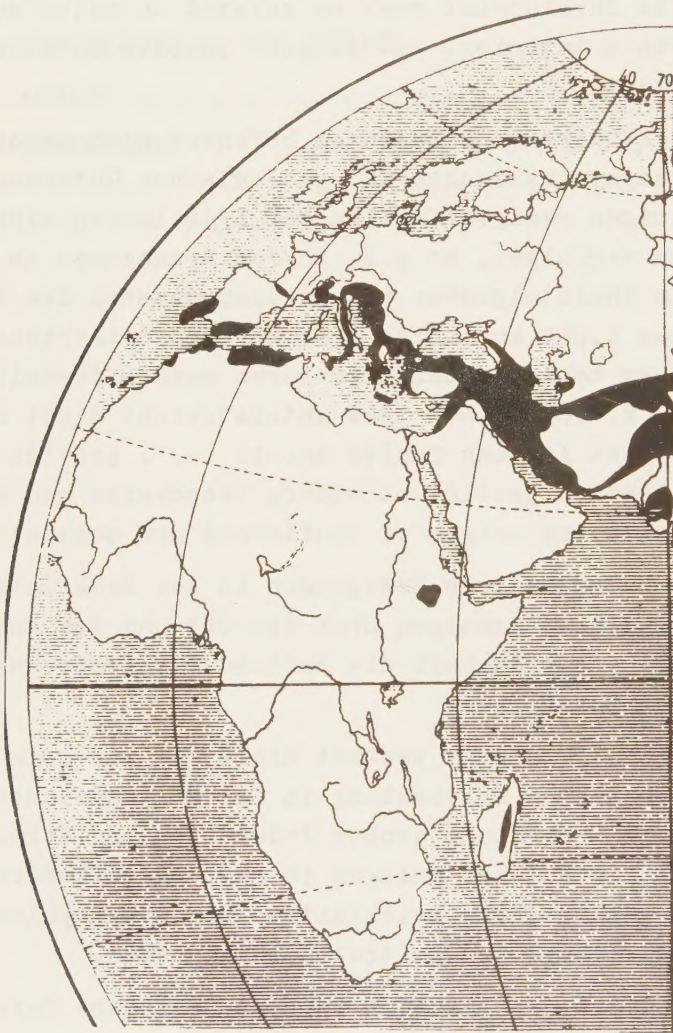


Abb. 1:

Seismizität Afrikas nach
F. de MONTESSUS de BALLORE
1906

In seinem Werk "Les Tremblements de Terre" schreibt F. DE MONTESSUS DE BALLORE 1906: "Si l'on excepte les pays Barbaresques, . . . , on peut dire que le continent africain est, à un extraordinaire degré, pour son immense surface, indemne de tremblements de terre . . ." (Abb. 1).

In seinen Betrachtungen über Ostafrika kommt er zu der Frage: "Cette ligne de

fractures gigantesques a-t-elle rejoué récemment? On ne sait encore". - Ihm liegen nur unsichere Berichte von vereinzelt Beben aus dem Katangagebiet (1902) und aus der Gegend um Stanleyville (Kisangani, Congo) vor.

Als erster liefert 1921 E.KRENKEL detaillierte Angaben über die Seismizität des afrikanischen Kontinents. Bemerkenswert an der von ihm entworfenen Karte der Seismizität (Abb. 2) ist die Herausstellung Ostafrikas, besonders der zentralen westlichen Grabenzone (Graben der großen Seen) als dem von Erdbeben am stärksten betroffenen Teil Afrikas, die er noch vor die Region um das Atlasgebirge im Norden des Kontinents stellt.



Abb. 2: Karte der Seismizität Afrikas nach E.KRENKEL 1921.
Durchschnittliche jährliche Bebenhäufigkeit.

Auf Grund der Arbeiten von E.KRENKEL gibt dann A.SIEBERG 1923 insbesondere aber 1932 (Handbuch der Geophysik, Gutenberg, Vol. 14) erstmals ein geschlossenes Bild der Seismizität Ostafrikas, sowie eine erste Korrelation der Seismizität mit der Tektonik der Grabenbrüche (s.u.).

Den Karten der Seismizität Ostafrikas von E.KRENKEL und A.SIEBERG lagen makroseismische Beobachtungen zugrunde: Missionare und Forschungsreisende berichteten von gefühlten Erdbeben und ihren Begleiterscheinungen. Nur zwei schwere Erdbeben aus dem westlichen Graben waren instrumentell registriert worden, und dies auch nur an europäischen Erdbebenwarten.

Das Fehlen eines Systems von Nahbebenstationen in Ostafrika war die Ursache dafür, daß die Karten der Seismizität von A.SIEBERG und E.KRENKEL sehr lange Zeit die einzigen Grundlagen für Betrachtungen über die Erdbebenaktivität der Grabenzonen Ostafrikas blieben. B.WILLIS (1936) (Abb. 3), A.S.BARKOV (1953) (Abb.4) geben nur wenig modifizierte Darstellungen der Seismizität Ostafrikas auf der Grundlage der oben genannten Arbeiten.

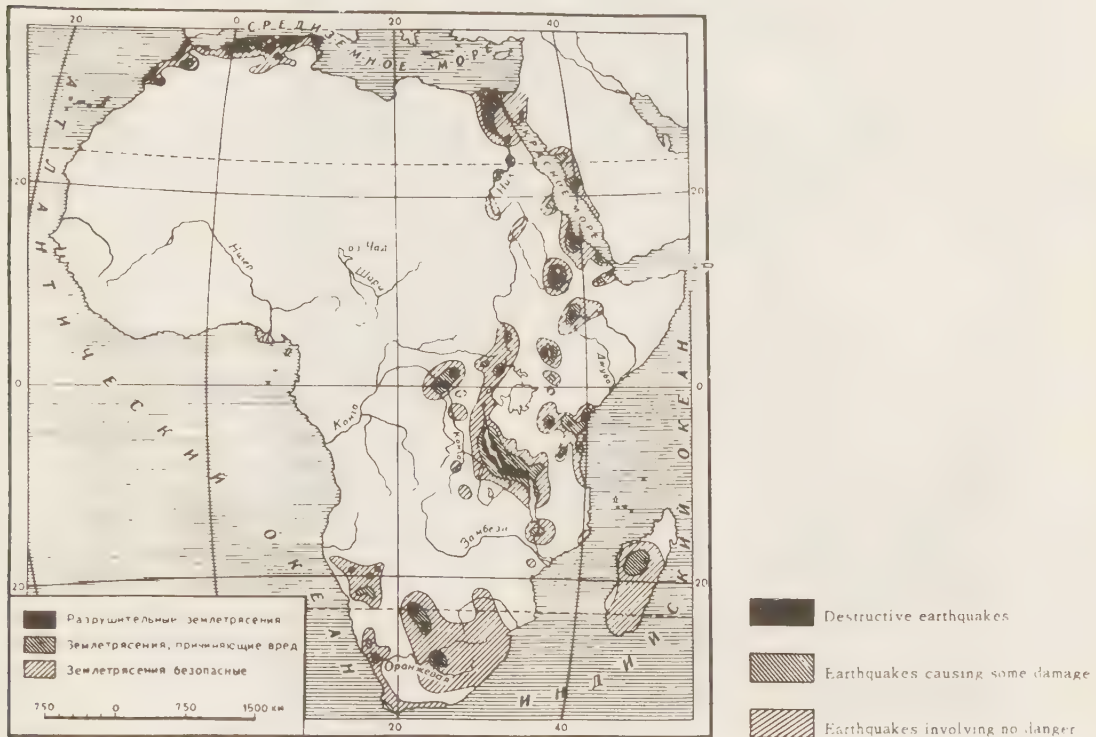


Abb. 4: Karte der Seismizität Afrikas von A.S.BARKOV (1953) nach A.SIEBERG

Genauere Angaben über die geographische Lage starker Erdbeben, die aus instrumentellen Beobachtungen ermittelt worden sind, wurden erstmals 1949 und verbessert 1953 von B.GUTENBERG und C.F.RICHTER herausgegeben (Abb. 5). Auf das von nun an genauer zu betrachtende Gebiet zwischen 4°N und 10°S sowie 22°E und 38°E entfallen dabei 12 Erdbeben mit Magnituden $M \geq 5.3$ (Magnituden, bestimmt mit Wood-Anderson Torsionsseismometern, Gutenberg & Richter, Seismicity of the Earth, 1953, S. 9). Die Lage der Epizentren wird dabei von den Autoren selber als für diese Gegend "sehr unsicher" bezeichnet. Als Grund für die Unsicherheit wird angegeben, daß (1) die Verteilung der Erdbebenstationen auf der Erde zu ungleichmäßig ist, wobei die südliche Erdhalbkugel ganz besonders benachteiligt ist, und daß (2) für Zentralafrika keine Aufzeichnungen von Nahbebenstationen zur Verfügung standen.



Abb. 5: Karte der Verteilung von Epizentren nach GUTENBERG, RICHTER, 1953

Auf Grund makroseismischer Beobachtungen von Meteorologischen Stationen in ehem. Belgisch Congo erschien 1959 von P.HERRINCK eine Karte mit der Verteilung der gefühlten Erdbeben in der Zeit von 1909 bis 1954 (Abb. 6). Obgleich sie geographisch begrenzt ist durch die Ostgrenzen der ehemalg belgischen Kolonie, also nur einen kleinen Teil des zentralen westlichen Grabens umfaßt, ist der Karte doch eine erhebliche Erdbebenaktivität an zwei Schwerpunkten zu entnehmen: das Nordende des Tanganjikasees und eine Zone zwischen dem Eduard- und dem Albertsee, dem Ruwenzori-Gebirge.

Der Notwendigkeit der instrumentellen Überwachung der Erdbebenaktivität Ostafrikas wurde schon 1906 mit der Errichtung einer Erdbebenwarte in Dar-es-salam im ehemaligen Deutschostafrika Rechnung getragen. Mit Unterbrechungen war diese Station bis 1914 in Betrieb. Die Aufzeichnungen der Station gingen fast voll-

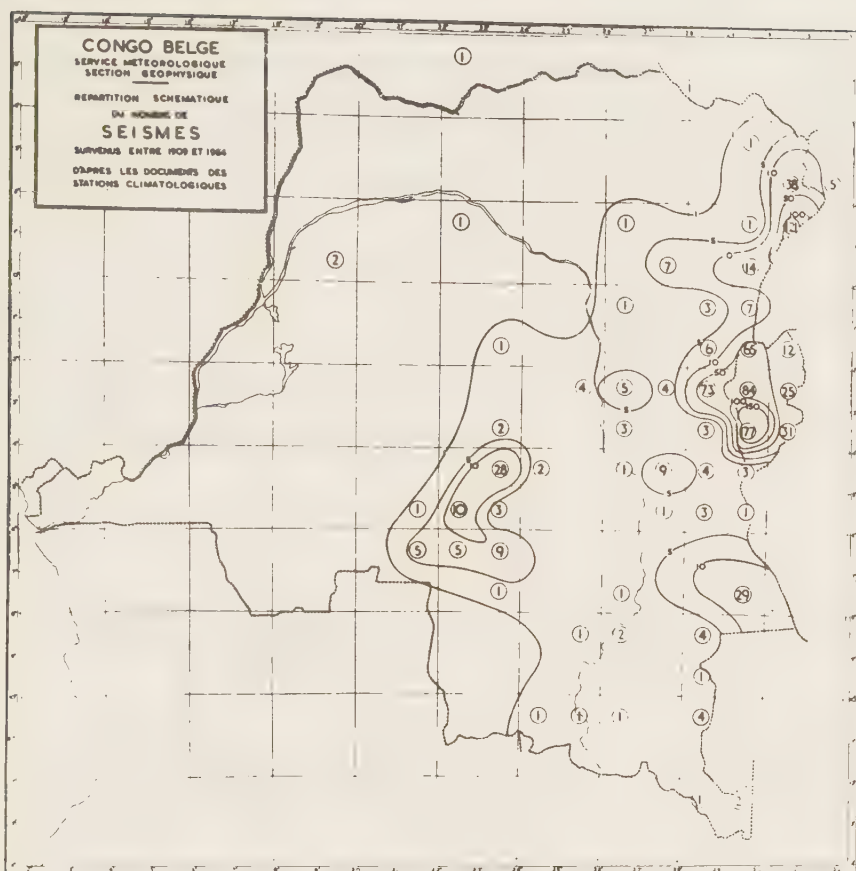


Abb. 6: Karte der Erdbebenhäufigkeit des ehemaligen Belgischen Congo zwischen 1909 und 1954 nach P.HERRINCK 1959.
Die Zahlen geben die im Untersuchungszeitraum beobachteten Erdbeben an.

ständig während des 1. Weltkrieges verloren. - 1925 wurde in Entebbe (Uganda) eine Erdbebenstation eingerichtet, die mit Unterbrechungen und instrumentellen Änderungen bis 1964 mit wechselndem Erfolg arbeitete. Ab 1964 arbeitet diese Station ohne wissenschaftliche Kontrolle, ihre Aufzeichnungen sind von beschränkter Qualität und teilweise unbrauchbar.

Der erste Schritt zu einer systematischen instrumentellen Untersuchung der Erdbebenstätigkeit der ostafrikanischen Grabenzonen, insbesondere ihres westlichen Teils (Graben der großen Seen) erfolgte 1953. Unter der Leitung von J.CL. DE BREMAECKER wurde am I.R.S.A.C. (Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale) die Erdbebenstation Iwiro, am Westufer des Kivusees im ehemaligen Belgisch Congo, in Betrieb genommen. In der Folge wurden die Stationen Uvira am Nordende des Tanganjikasees 1954 und Astrida (Ruanda) 1955 errichtet. 1957 konnte in Zusammenarbeit mit dem PNA (Parc National Albert) die Erdbebenstation Rumangabo, in unmittelbarer Nähe der Virunga-Vulkane, etwa in der Mitte

zwischen dem Kivu-See und dem Eduard-See gelegen, die Arbeit aufnehmen. Die Lage der Stationen im Zentralen Teil des westlichen Grabens erlaubte exakte Untersuchungen der Seismizität dieses Gebietes. Die Namen J.CL.DE BREMAECKER, G.SUTTON, E.BERG und TH.JANSSEN sind eng verbunden mit der Erdbebenerforschung im westlichen Graben. Ihre Veröffentlichungen sind im wesentlichen Grundlage und Ausgangspunkt für die Untersuchungen des Autors in der vorliegenden Arbeit. Das Stationsnetz des I.R.S.A.C. konnte 1960 in Zusammenarbeit mit der U.M.H.K. (Union Minière du Haute Katanga) um die Station Delcomune, nahe Kolwezi (Katanga) erweitert werden.

Weitere Einzelstationen, die eher als Fernbebenstationen gedacht waren, folgten: 1957 die Station Elisabethville (Service Meteorologique du Congo Belge) (veröffentlichte Daten von April bis Dezember 1959), 1959 die Station Nairobi (Kenya) (ab 1963 WWSS⁺-Station), ebenfalls 1959 die Station Addis Abeba (ab 1963 WWSS-Station), und von 1960 bis 1962 die Station Dodoma (Tanzania).

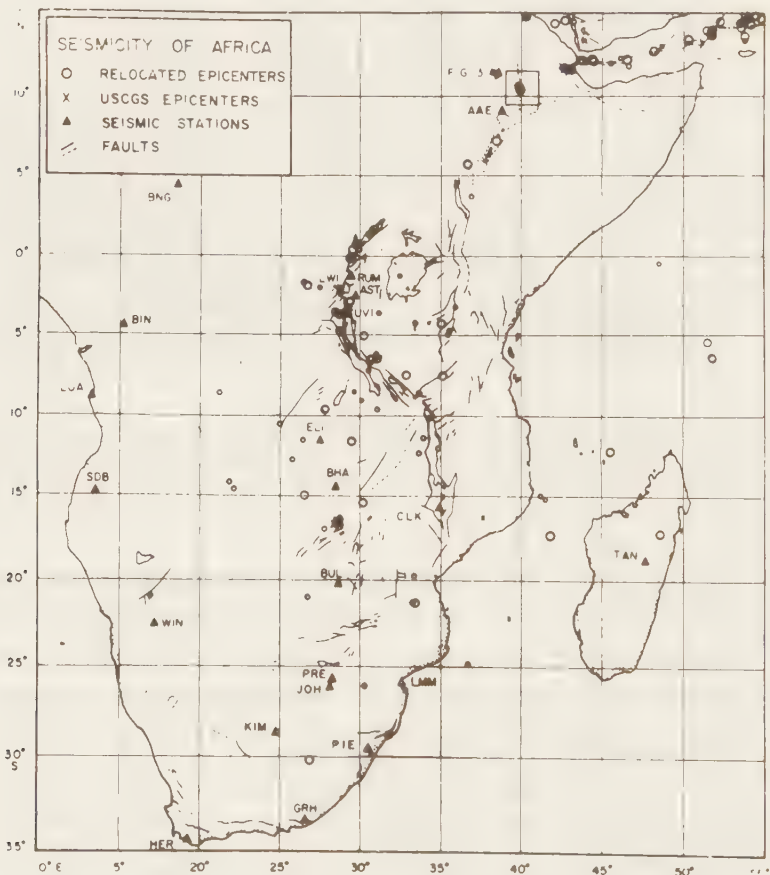


Abb.7: Karte von Epizentren in Ostafrika von 1955 bis 1964 nach M.LANDISMAN und L.R.SYKES (1964)

⁺) WWSS = World-wide Standardized Seismograph Network, Stationen, die von der U.S.C. & G.S., Washington, eingerichtet wurden.

Die vorerst letzten Beiträge zum Studium der Epizentrenverteilung in Ostafrika leisteten 1964 M.LANDISMAN und L.R.SYKES. Vorwiegend aus Daten der Rechenzentren U.S.C. & G.S. (United States Coast and Geodetic Survey, Washington) und B.C.I.S. (Bureau Central International de séismologie, Strasbourg), sowie aus den Jahresberichten der Station Addis Abeba und des I.R.S.A.C.-Stationsnetzes, wurden für den Zeitraum von Januar 1955 bis März 1964 Epizentren angegeben (Abb. 7). Einige neuere Arbeiten beschränken sich auf die Zusammenstellung und die Koordinierung der bisherigen Arbeiten über die Seismizität Ostafrikas. Hierzu gehören die Arbeiten von G.P.GORSHKOV 1963 und I.S.LOUPEKINE 1965.

III. STATIONSBESCHREIBUNG

Den Untersuchungen in der vorliegenden Arbeit liegen hauptsächlich die Erdbebenaufzeichnungen der I.R.S.A.C.-Stationen zugrunde. Die Stationen des I.R.S.A.C. wurden in der Zeit von 1953 bis 1957 von J.CL.DE BREMAECKER aufgebaut. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Koordinaten, die Stationshöhe über NN und den Untergrund dieser Stationen. Außerdem sind die international gebräuchlichen Abkürzungen angegeben. In der untersten Spalte ist angegeben, wann die Stationen ihren Betrieb aufnahmen und wie lange sie in Betrieb waren.

	LWIRO	UVIRA	ASTRIDA	RUMANGABO	DELCOMUNE
Int.Abk.	LWI	UVI	AST	RUM	DEL
Breite	2°14.3'S	3°24' S	2°37'S	1°20.4'S	10°30.6'S
Länge	28°48' E	29°07' E	29°44'E	29°21.6'E	25°27.3'E
Höhe	1748 ₊₂₀	950 ₊₂₀	1648 ₊₂₀	1590 ₊₂₀	
Untergrund	Basalt. Lava		Glimmer- schiefer, Gneis	Lava	
Dauer d. Betrieb.	ab 1953 ununterbr.	1954-1964 b.Kampf um Uvira zer- stört	ab 1955 ohne Un- terbrech.	1957-1962, 1965 wird nach Butembo verlegt	(1960) und ab 1965 kontinuier- lich

Tabelle I: Die I.R.S.A.C.-Stationen

Die Station Lwiro ist ausgerüstet mit:

- 1 BENIOFF vertikal "variable reluctance" Seismometer, $T_0 = 1.0$ sec.
verbunden mit zwei Galvanometern, $Tg_1 = 0.25$ sec, $Tg_2 = 25$ sec.
- 2 BENIOFF horizontal "variable reluctance" Seismometern, $T_0 = 1.0$ sec.
verbunden mit jeweils zwei Galvanometern, $Tg_1 = 1.8$ sec und
 $Tg_2 = 25$ sec.
- 2 Horizontale Torsionsseismometer nach WOOD-ANDERSON ($T_0 = 0.8$ sec,
 $V = 2800$, $h = 0.8$)⁺

⁺) V = Vergrößerung, h = Dämpfung, T_0 = Eigenperiode des Seismometers,
 $Tg_{1,2}$ = Eigenperioden der Galvanometer.

Seit 1957 arbeiten in Lwiro zusätzlich als Leihgabe der COLUMBIA Universität, U.S.A.:

3 SPRENGNETHER Seismometer, $T_0 = 15 \text{ sec}$, $T_g = 90 \text{ sec}$.

Alle Registrierungen, mit Ausnahme des Satzes Sprengnether Seismometer, erfolgen auf 35 mm Duplo Ortho Film (Gevaert). Die Aufzeichnung der Bewegung der Sprengnether Geräte erfolgt auf 90 x 30 cm Photopapier (Dupont).

Die Minuten- und Stundenmarken liefert eine IBM 25 Pendeluhr. Der Gang des Pendels wird mittels Zeitsignal des BBC London täglich reguliert.

Die Stationen Uvira, Astrida und Rumangabo sind gleichartig ausgerüstet:

1 BENIOFF vertikal "variable reluctance" Seismometer, $T_0 = 1.0 \text{ sec}$,
verbunden mit zwei Galvanometern $T_{g1} = 0.25 \text{ sec}$ und $T_{g2} = 25 \text{ sec}$.

2 WOOD-ANDERSON Torsionsseismometern, $T_0 = 0.8 \text{ sec}$.

Die Zeitmarken werden in Astrida und Uvira von IBM 25 Pendeluhr, in Rumangabo von einer Brillé 1570 Uhr, einer kleineren Pendeluhr, geliefert.

Die Erdbebenstation von Delcomune ist ausgerüstet mit:

1. BENIOFF vertikal "variable reluctance" Seismometer $T_0 = 1.0 \text{ sec}$ mit
zwei Galvanometern, $T_{g1} = 0.25 \text{ sec}$ und $T_{g2} = 25 \text{ sec}$.

2 BENIOFF horizontal "variable reluctance" Seismometern, $T_0 = 1.0 \text{ sec}$, mit
jeweils nur einem Galvanometer, $T_g = 0.25 \text{ sec}$.

Eine RIEFLER Pendeluhr gibt die Zeitmarken. Alle letztgenannten vier Stationen registrieren auf 35 mm Film. Die Kontrollen der Pendeluhr erfolgt ebenfalls nach Zeitzeichen von BBC London.

Die Registrierungen aller I.R.S.A.C.-Stationen laufen in Lwiro zur Auswertung und Archivierung zusammen. Die Registrierungen der Sprengnether Seismometer von Lwiro werden an die Columbia Universität USA geschickt, nur Kopien bleiben in Lwiro.

Vereinzelte wurden zur Bestimmung der Epizentren von 1960 auch Daten der Erdbebenstation Entebbe herangezogen. - Zur Lokalisierung der Erdbeben vom März 1966 im Ruwenzori-Gebirge wurden Seismogramme der Station Nairobi und Daten der Station Addis Abeba benutzt. In Tabelle II sind Koordinaten, Höhen und Instrumentierung der genannten Stationen angegeben.

Die Abbildung 8 zeigt die Lage aller oben genannten Erdbebenstationen, ohne Addis Abeba, sowie die heute nicht mehr arbeitenden Stationen Dar-es-salam, Dodoma und Elisabethville. In die Karte eingetragen sind außerdem die Stationen Lubudi und Butembo. Die Station Lubudi ist wie die Station Delcomune in Zusammenarbeit der I.R.S.A.C. mit der U.M.H.K. 1960 errichtet worden. Sie hat den Betrieb nie eröffnet, soll aber demnächst in Betrieb genommen werden. Sie besitzt die gleiche Ausrüstung wie die Station Delcomune. - Die Station Butembo wird in Zusammenarbeit der I.R.S.A.C. mit der E.T.S.A.V. (Ecole Technique Supérieur Agricole et Veterinaire) zur besseren Überwachung der Bebenaktivität des Ruwenzori-Gebirges Mitte 1967 ihre Arbeit aufnehmen. Sie wird mit den Geräten der Station Rumangabo ausgestattet werden.

	ENTEBBE	NAIROBI	ADDIS ABEBA
Int. Abk.	ENT	NAI	AAE
Breite	0°03'32"N	1°16'26"S	9°01'45"N
Länge	32°28'24"E	36°48'13"E	38°45'36"E
Höhe	1175 m	1692 m	2442 m
Instrumentierung	Willmore, Milne-Shaw EW	3 Benioff kurz- period.Seismom. 3 Sprengnether langperiod.Seis- mometer, WWSS-Station	3 Benioff kurz- period.Geräte 3 Sprengnether langperiod.Seis- mometer 3 Willmore($t_0=1s$) 2 Wood-Anderson Torsions Seismom.

Tabelle II: Die Stationen Entebbe, Nairobi und Addis Abeba

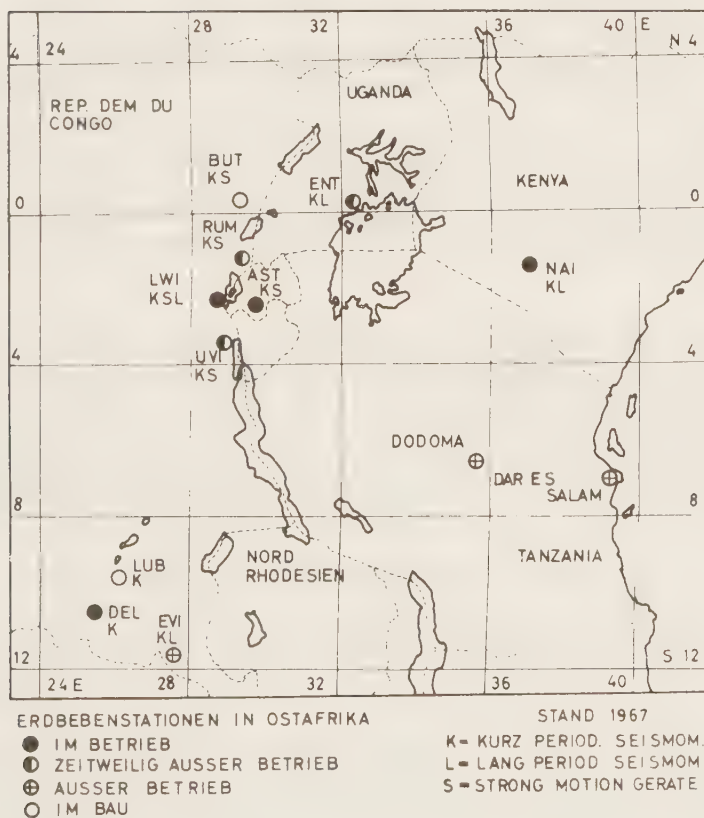


Abb. 8: Erdbebenstationen in Ostafrika

IV. AUSWERTEMETHODEN

Um zu einem Urteil über die Erdbebenaktivität eines Gebietes zu kommen, müssen Angaben über die Ursache der Beben, den Ort der Beben (Hypozentrum, Epizentrum) die Bebenenergie und schließlich über die Bebenhäufigkeit vorliegen.

IV.1. BEBENURSACHEN

Als Bebenursachen werden heute allgemein angesehen:

(1) Tektonische Vorgänge in der Erdkruste und im oberen Erdmantel (tektonische Beben), (2) Vorgänge, die an Vulkanismus gebunden sind (vulkanische Beben), (3) Einstürze, Bergrutsche und Einschläge von Meteoriten und (4) künstliche Ursachen (Kernexplosionen etc.).

Für das betrachtete Gebiet von Ostafrika können als Ursachen die Punkte (3) und (4) vernachlässigt werden. (Außerdem dürfte Punkt (4) wohl nicht unter den Begriff der natürlichen Seismizität fallen). In erster Linie werden tektonische Vorgänge die Seismizität Ostafrikas bestimmen. In den Gebieten mit aktivem Vulkanismus wird mit vulkanischen Beben zu rechnen sein. (Detaillierte Angaben werden bei der Interpretation der Epizentren-Karten gegeben.)

IV.2. BESTIMMUNG DER EPIZENTREN

Zur Bestimmung der Epizentren (und Hypozentren) von Erdbeben gibt es mehrere Methoden. Sie alle benutzen aber Laufzeitdifferenzen zur Bestimmung der Herdrichtung und der Herddistanz. Die hier beschriebene und vom Autor zur Auswertung benutzte Methode zur Herdbestimmung wurde bereits von DE BREMAECKER, SUTTON, BERG und JANSSEN bei der Bearbeitung von Beben in der westlichen Grabenzone angewandt. Die Einheitlichkeit der Bearbeitung der Erdbeben in Ostafrika wird so gewahrt.

Jeder Erdbebenherd ist Ausgangspunkt charakteristischer elastischer Wellen. Vorwiegend sind dies Kompressionswellen (P-Wellen), Transversalwellen (S-Wellen) und gegebenenfalls Oberflächenwellen (bei tiefen Beben entfallen diese). Da die Ausbreitungsgeschwindigkeiten dieser Wellen unterschiedlich sind, werden sie an einer im Abstand d vom Erdbebenherd entfernten Erdbebenstation zu unterschiedlichen Zeitpunkten eintreffen. Im allgemeinen trifft die P-Welle als erste Phase und die S-Welle als zweite Phase an der Station ein. Bei hinreichender zeitlicher Auflösung der Registrierungen sind diese Phasen gewöhnlich auch wegen ihres unterschiedlichen Bewegungsablaufes auf den Seismogrammen zu unterscheiden (Abb. 9).

Es sei t_{p1} die Ankunftszeit einer P-Phase eines Erdbebens an der Station S_1 , t_{s1} die Ankunftszeit der entsprechenden S-Phase und d_1 die unbekannte Herddistanz. Sind die Geschwindigkeiten der Erdbebenwellen V_p und V_s bekannt, so folgt damit für die Herddistanz:

$$d_1 = \Delta t_1 \frac{V_p V_s}{(V_p - V_s)}; \text{ mit } \Delta t_1 = t_{s1} - t_{p1}.$$

Befindet sich der angenommene Bebenherd nahe der Erdoberfläche, d.h. fallen Hypozentrum und Epizentrum zusammen (Herdtiefe = 0), so ist der Kreis um S_1 mit dem Radius d_1 der geometrische Ort aller möglichen Epizentren mit der Epi-

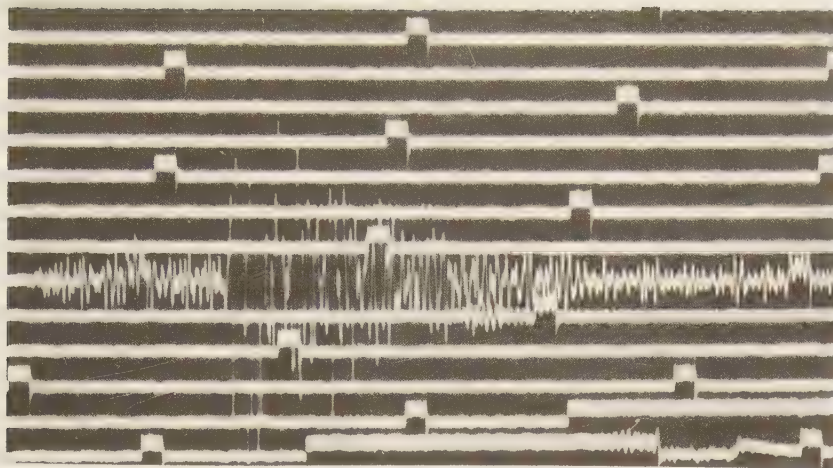


Abb. 9: Seismogramm eines Bebens in der Uvira-Bujumbura-Zone vom 6. Oktober 1965, 00-57-57 GMT. Registriert an der Station LWIRO mit einem kurzperiodigen BENIOFF-Horizontal-Seismometer (Komponente NS). Epizentralentfernung ca. 150 km zur Station LWIRO. Minutenmarken erkennbar.

zentralentfernung d_1 . Liegen für das gleiche Beben noch von mindestens zwei weiteren Stationen S_2 und S_3 Registrierungen vor, und sind diesen Registrierungen die Werte Δt_2 und Δt_3 zu entnehmen, so findet man das Epizentrum des Bebens als Schnittpunkt der drei Kreise mit d_1 , d_2 und d_3 als Radien um die jeweiligen Stationen S_1 , S_2 und S_3 .

Das Epizentrum des Bebens kann auch dann in gleicher Art bestimmt werden, wenn die Differenz der Ankunftszeiten der P- und S-Phase nur an einer Station zu ermitteln ist, während die anderen Stationen nur die Ankunftszeiten der P- oder S-Phasen beitragen können. In diesem Falle wird zuerst aus dem Δt_1 der Station S_1 die Herdzeit t_0 bestimmt. Es ist:

$$\begin{aligned} t_0 &= t_{p1} - d_1/V_p && \text{d.h.} \\ t_0 &= t_{p1} - \Delta t_1 V_s / (V_p - V_s) \\ \text{bzw.} \quad t_0 &= t_{s1} - \Delta t_1 V_p / (V_p - V_s) \end{aligned}$$

(D.h. die Herdzeit ist gleich der Ankunftszeit der P-Phase, bzw. der S-Phase, vermindert um die Laufzeit der P-Welle, bzw. S-Welle, entlang der Strecke d_1). Ist t_0 bekannt, dann läßt sich die Epizentralentfernung d für die zwei anderen Stationen wie folgt berechnen:

$$\begin{aligned} \text{ist (1) } t_{p2} \text{ bekannt, so ist: } d_2 &= V_p(t_{p2} - t_0) \\ \text{ist (2) } t_{s3} \text{ bekannt, so ist: } d_3 &= V_s(t_{s3} - t_0) \end{aligned}$$

Gehen die Laufzeitgeraden nicht durch den Koordinaten-Ursprung, sondern schneiden die Ordinate, wie in Abb. 11, für P, P^+ und S, S^+ , so ist dies in den ange-

gegebenen Beziehungen zu berücksichtigen. Ist t_{ip} , bzw. t_{is} der Ordinatenabschnitt (Intercepttime) der P- bzw. S-Welle und $\Delta t_i = t_{is} - t_{ip}$, so ist

t_p zu ersetzen durch $t_p - t_{ip}$

t_s zu ersetzen durch $t_s - t_{is}$

Δt zu ersetzen durch $t - t_i$

Die Epizentralkreise schneiden sich im allgemeinen nicht in einem Punkt. Ihre Schnittpunkte bilden einen Triangel. Dies bedeutet, daß der Bebenherd nicht in der Erdoberfläche liegt. Das Epizentrum ist dann der Schnittpunkt der Sehnen, die durch die Schnittpunkte jeweils zweier Epizentralkreise gezogen werden (Abb. 10).

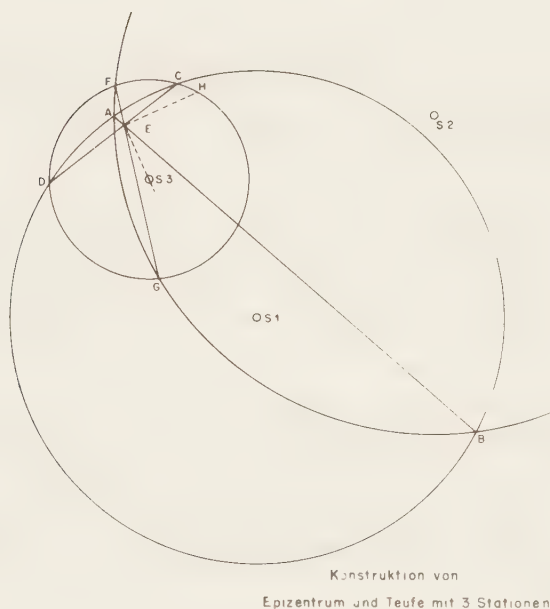


Abb. 10: Konstruktion des Epizentrums und der Herdteufe mittels dreier Erdbebenstationen S_1 , S_2 und S_3 .

In diesem Falle liefert diese Methode auch die Herdteufe h : (Abb. 10) die Senkrechte in E (EH), errichtet über der Verbindungslinie einer Station S (S_3) mit dem Epizentrum E, schneidet den Epizentralkreis um S (S_3) in H. Die Strecke EH ist dann die Herdteufe h .

Diese Konstruktionsmethode ist auch dann anwendbar, wenn der von den Erdbebenwellen durchlaufene Teil der Erdkruste oder des Erdmantels geschichtet ist. Es ist dann erforderlich, daß die Laufzeitkurven der benutzten Phasen bekannt sind.

Fehler, die sich aus der Erdkrümmung ergeben, brauchen bei den hier bearbeiteten Beben mit Epizentralentfernungen unter 1500 km (Nahbeben) nicht berücksichtigt zu werden.

IV.3. DIE LAUFZEITKURVEN VON JEFFREYS UND BULLEN

Bei den obigen Überlegungen wurde stillschweigend angenommen, daß die Geschwindigkeiten der Erdbebenwellen bzw. die Laufzeitkurven ihrer Phasen bekannt sind.

Laufzeitkurven für Ostafrika sind aber nicht bekannt. - Seit langem ist geplant Refraktionsmessungen mit Hilfe von Sprengungen in Ostafrika durchzuführen. Nur so könnten Erdkrustenstrukturen und Laufzeitkurven genau genug ermittelt werden. Aus politischen und finanziellen Gründen konnten diese Messungen bis jetzt nicht durchgeführt werden.

J.CL.DE BREMAECKER führt deswegen die ersten Epizentrenbestimmungen im westlichen Graben mit Hilfe der Laufzeitkurven von H.JEFFREYS und K.E.BULLEN (1948) durch. Er bemerkt dazu: "It was realised that these tables might need corrections, but the errors involved are in any case relatively small". -

Den Tabellen von JEFFREYS und BULLEN liegt ein Modell zugrunde, welches eine zweigeschichtete Erdkruste über dem unegliederten Erdmantel vorsieht. Die oberste Schicht ist mit einer Mächtigkeit von 15 ± 3 km angenommen. Sie liegt über einer etwa 18 ± 4 km dicken Zwischenschicht. Unter dieser Zwischenschicht schließt sich der Erdmantel an. Die Grenzfläche zwischen der Ober- und der Zwischenschicht wird allgemein als die CONRAD-Diskontinuität bezeichnet. Die Grenzfläche zwischen der Zwischenschicht und dem Erdmantel wird die MOHOROVICIC-Diskontinuität genannt. Die den Schichten zugeordneten Geschwindigkeiten wurden europäischen Untersuchungen entnommen. Die Tabelle III zeigt Mächtigkeit und zugehörige Geschwindigkeiten der Schichten, Abb. 11 die Laufzeitkurven des Modells von JEFFREYS und BULLEN.

Oberschicht	15 ± 3 km	$V_p = 5.6$ km/sec	$V_s = 3.4$ km/sec
Zwischenschicht	18 ± 4 km	$V_p = 6.5$ km/sec	$V_s = 3.7$ km/sec
Mantel		$V_p = 7.8$ km/sec	$V_s = 4.4$ km/sec

Tabelle III

Erste Versuche, das Modell von JEFFREYS und BULLEN speziell auf die Verhältnisse in Ostafrika zu transformieren, unternahm S.DOPP (1964). An Hand von Seismogrammen der I.R.S.A.C.-Stationen Lwiro, Uvira und Rumangabo bestätigte DOPP für die Oberschicht eine Geschwindigkeit der P- (P_g)Welle von 5.6 km/s, und findet die Bestätigung für eine Zwischenschicht mit einer Geschwindigkeit der P- (P^+)Welle von 6.7 - 6.8 km/s. Die Grenzfläche zwischen der Ober- und der Zwischenschicht zeigt anscheinend ein starkes Relief, und liegt in Tiefen zwischen 17 km (unter Rumangabo), 27 km (unter Uvira) und 33 km (unter Lwiro). Diese Tiefenangaben sind nach DOPP jedoch sehr unsicher. Gemittelt würde sich eine Diskontinuität in etwa 29 km Tiefe ergeben, gegenüber einer Tiefe von etwa 15 km bei JEFFREYS und BULLEN. Die von DOPP ermittelte Geschwindigkeit der P-Welle in der Zwischenschicht liegt um etwa 0.3 km/s höher als die entsprechende Geschwindigkeit bei JEFFREYS und BULLEN (6.5 km/s). Angaben über die Lage der Grenzfläche zwischen der Zwischenschicht und dem Mantel (MOHOROVICIC-Dis-

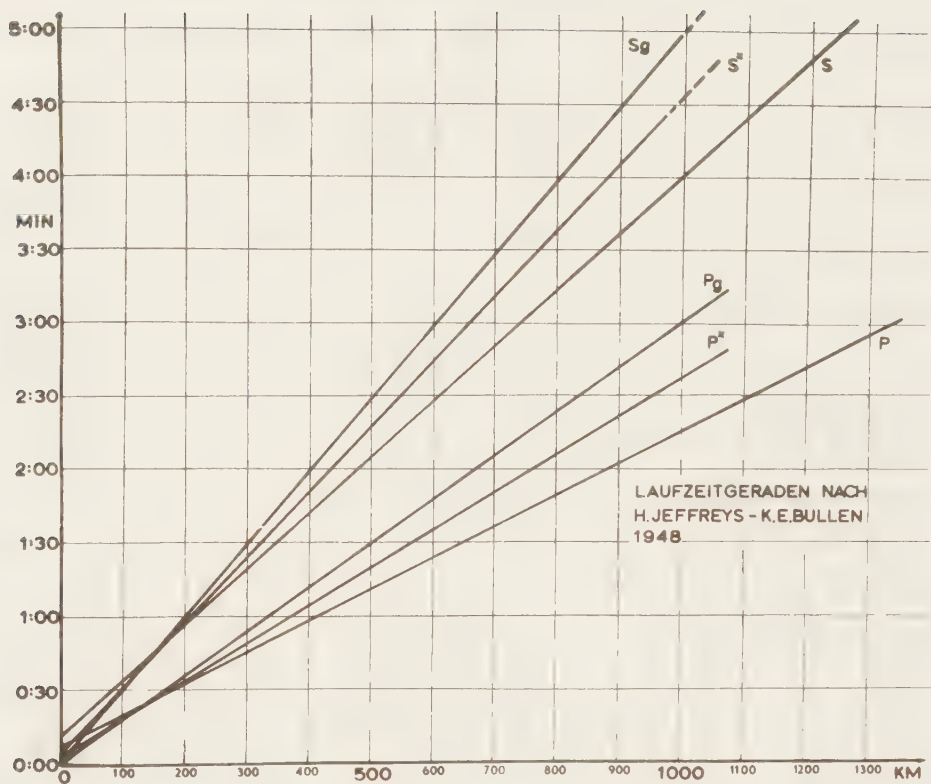


Abb. 11: Laufzeitgeraden nach JEFFREYS und BULLEN, 1948

kontinuität), und die unter ihr auftretenden Geschwindigkeiten, sowie über die Geschwindigkeiten der S-Wellen werden von DOPP nicht gemacht. Über die letztliche Bedeutung dieser Untersuchungen von DOPP kann erst entschieden werden, wenn auch Angaben über den tieferen Untergrund, insbesondere über die Lage der MOHOROVICIC-Diskontinuität vorliegen werden. Der Einfluß der obigen Untersuchungen auf die Lokalisierung der Epizentren ist jedoch sehr gering. Für Epizentralentfernungen von z.B. etwa 250 km beträgt die Abweichung weniger als -4 km. Die Überholentfernung im Modell von DOPP liegt bei etwa 180 km.

Bis 1966 wurde das Modell von JEFFREYS und BULLEN auch am GOETZ-Observatorium in Bulawayo, Rhodesien, zur Bestimmung der Herddaten aus den Aufzeichnungen der Stationen Broken Hill, Bulawayo und Chileka bis zu Epizentralentfernungen von 20° benutzt. 1966 wurde dieses Modell ersetzt durch ein neues, welches auf eine Zwischenschicht verzichtet, die Diskontinuität zwischen der alten Oberschicht und dem Mantel jedoch, wie JEFFREYS und BULLEN, in 16 km Tiefe beibehält. Erhebliche Änderungen erfahren die Geschwindigkeiten. Die Oberschicht erhält hier Geschwindigkeiten für die P- (Pg) und die S- (Sg)Wellen von 6.16 km/s bzw. 3.65 km/s (bei JEFFREYS und BULLEN 5.6 km/s und 3.4 km/s). Unterhalb der 16-km Diskontinuität treten für die P- (Pn) und die S- (Sn)Wellen Geschwindigkeiten von 8.1 km/s bzw. 4.63 km/s auf. (Entsprechend JEFFREYS und BULLEN 7.8 km/s und 4.4 km/s.) Dieses Modell führt in der Tat zu erheblichen Unter-

schieden bei der Ermittlung der Herddaten. Es kann hier schon gesagt werden, daß sich das Rhodesische Modell für das zu betrachtende Gebiet von Ostafrika nicht bewährt. Später beschriebene makroseismische Untersuchungen spezieller Erdbeben führten zu dem Ergebnis, daß dem Modell von JEFFREYS und BULLEN der Vorzug zu geben ist, auch wenn festgestellt werden muß, daß die Geschwindigkeiten der Pg-, Pn- und S-, Sn-Wellen bei JEFFREYS und BULLEN etwas zu niedrig liegen dürften. Die höheren Geschwindigkeiten im Rhodesischen Modell stehen im Einklang mit Geschwindigkeiten, die nach neueren Untersuchungen auch für Mitteleuropa gefunden wurden. Nach P.GIESE 1966⁺ gelten folgende Richtwerte: $P_g = 6.1 \text{ km/s}$, $P^+ = 6.5 \text{ km/s}$ und $P_n = 8.2 \text{ km/s}$. Dabei wird für die Tiefe der Grenzfläche zwischen der Ober- und der Zwischenschicht etwa 10-20 km angenommen. Die Grenzfläche zwischen der Zwischenschicht und dem Mantel (MOHO) liegt hier etwa bei 30 km. Die folgende Tabelle IV zeigt eine Zusammenstellung der wesentlichsten Daten der diskutierten Modelle.

KM TIEFE	JEFFREYS, BULLEN 1948	RHODESIEN 1966	DOPP 1964	MITTELEUROPA NACH P.GIESE 1966
15	Oberschicht $P_g=5.6 \text{ km/s}$ $S_g=3.4 \text{ km/s}$	Oberschicht $P_g=6.16 \text{ km/s}$ $S_g=3.65 \text{ km/s}$	Oberschicht $P_g=5.6 \text{ km/s}$	Oberschicht $P_g=6.1 \text{ km/s}$
	Zwischenschicht $P^+=6.5 \text{ km/s}$ $S^+=3.7 \text{ km/s}$	Mantel $P_n=8.1 \text{ km/s}$ $S_n=4.63 \text{ km/s}$	Zwischenschicht $P^+=6.7-6.8 \text{ km/s}$	Zwischenschicht $P^+=6.5 \text{ km/s}$
30	Mantel $P_n=7.8 \text{ km/s}$ $S_n=4.4 \text{ km/s}$		???????????	Mantel $P_n = 8.2 \text{ km/s}$

Tabelle IV

V.DIE BRAUCHBARKEIT DER METHODE

Die Prüfung der Brauchbarkeit der beschriebenen Methode wird so vorgenommen, daß die durch sie erhaltenen Herddaten (Herdkoordinaten und Herdzeit) mit Ergebnissen verglichen werden, die mittels anderer Methoden unabhängig voneinander erhalten wurden.

⁺) Mündliche Mitteilung

V.1. MAKROSEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN

Das schärfste Kriterium für die Richtigkeit instrumentell ermittelter Epizentren bildet immer noch die klassische Methode makroseismischer Untersuchungen im von dem Beben unmittelbar betroffenen Gebiet. Eine Bedingung zur Anwendung dieser Methode, die umfangreiche Befragungen der Bevölkerung und Besichtigung von Veränderungen im Gelände etc. erfordert, ist, daß das Erdbeben hinreichend stark sein muß, damit es von vielen Menschen wahrgenommen werden kann und sichtbare Veränderungen (Schäden) hervorgerufen werden. Die Auswertungen derartiger Informationen erfolgen in der Weise, daß Linien gleicher Intensitäten (Isoseisten) ermittelt werden. Die Intensität, mit der ein Erdbeben an einem Ort gefühlt wird, wird in Graden einer empirischen Skala angegeben. Heute wird meist eine modifizierte MERCALLI SIEBERG Skala verwendet. Die Isoseiste der stärksten beobachteten Intensität umschlingt eine Fläche, innerhalb der im allgemeinen das Epizentrum des Bebens angenommen werden kann. Vorteil dieser Methode ist die relativ große Genauigkeit bei der Bestimmung der Herdlage. Nachteile dieser Methode sind (1) der große zeitliche Aufwand, insbesondere dann, wenn das Epizentralgebiet in verkehrstechnisch oder politisch schwer zugänglichen Regionen liegt (Urwald, Nachrichtensperre etc.), (2) die Unmöglichkeit, in schwach oder überhaupt nicht besiedelten Gebieten genügend Beobachtungsmaterial sammeln zu können und (3) die Unzuverlässigkeit der Ergebnisse von Befragungen phantasiebegabter Eingeborener.

Die ersten systematischen Untersuchungen dieser Art in Ostafrika, die zu Vergleichen mit instrumentell gefundenen Ergebnissen herangezogen werden konnten, wurden von SUTTON und BERG 1958 angestellt. Drei Erdbeben wurden untersucht, zwei von ihnen lagen nahe dem westlichen Ufer des Albert-Sees (22. Juli 1955 und 4. September 1955), also im Nordteil des Zentralen Grabens, das dritte Erdbeben (3. Februar 1956) lag östlich des Nordendes des Tanganjika-Sees, ebenfalls im Zentralen Graben Ostafrikas. Ganz besonders zeigen die beiden, nahe dem Albert-See gelegenen Epizentren sehr gute Übereinstimmung der instrumentellen und makroseismischen Ergebnisse (Abb. 12). Weniger überzeugend ist das Ergebnis für das dritte untersuchte Beben (Abb. 13), was sicherlich an dem Fehlen von Informationen aus dem in Tanzania gelegenen östlichen Teil des Epizentralgebietes gelegen hat.

Bis 1960 waren dies die einzigen, relativ vollständigen makroseismischen Untersuchungen, die zumindest für den nördlichen Teil des Zentralen Grabens eine gute bis sehr gute Brauchbarkeit der benutzten Methode zur instrumentellen Bestimmung der Epizentren erbrachte. Neuere makroseismische Untersuchungen erbrachten vor allem auch den Beweis der Brauchbarkeit der Methode für das nördliche Tanganjika-See Gebiet und für das Gebiet der großen ostafrikanischen Grabenbrüche (Great Rift Valley): (1) das Uvira-Beben vom 22. Sept. 1960, (2) das Tanganyika-Beben vom 7. Mai 1964, (3) das Bukavu-Beben vom 24. April 1965 und (4) das Ruwenzori-Beben vom 20. März 1966. Diese Beben werden eingehend in den Kapiteln über die regionale Seismizität behandelt werden.

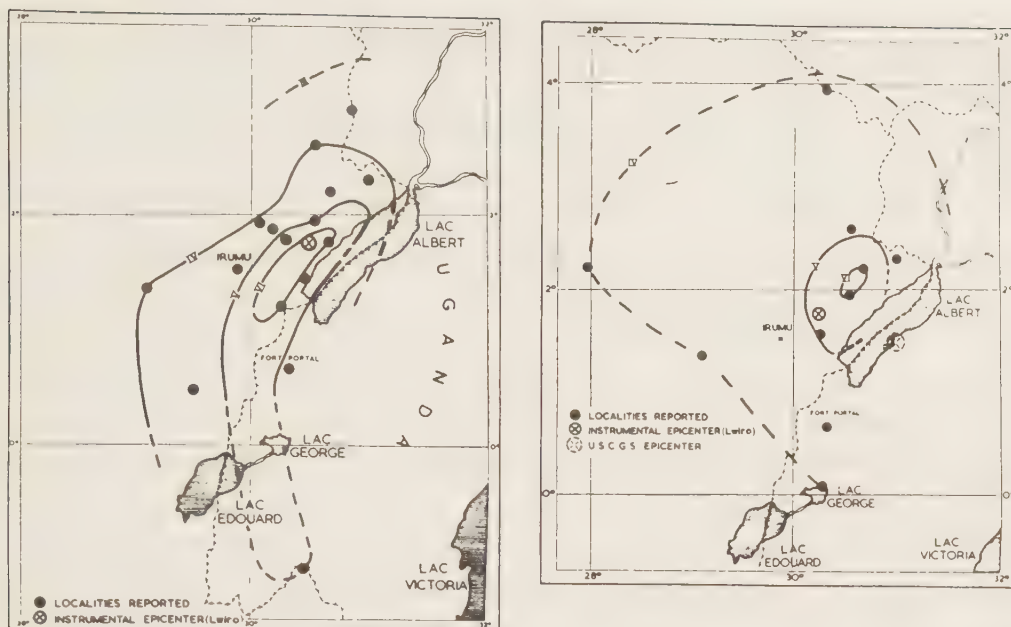


Abb. 12: Ergebnisse makroseismischer Untersuchungen nach SUTTON und BERG 1958 an zwei Erdbeben im Gebiet des Albert-Sees, 1955

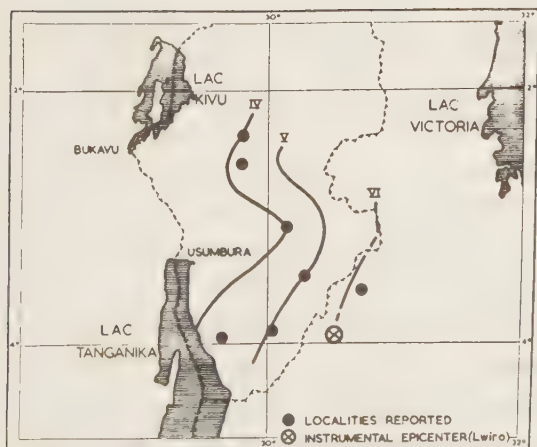


Abb. 13: Ergebnisse makroseismischer Untersuchungen nach SUTTON und BERG 1958 an einem Beben östlich des Tanganyika-Sees, 1956

V.2. BESTIMMUNG DER EPIZENTREN AUS AUFZEICHNUNGEN VON FERNBEBEN

Die Bestimmung von Epizentren aus Nahbebenaufzeichnungen wird stark beeinflusst durch oberflächennahe Erdkrustenstrukturen. Berechnungen der Herddaten aus Fernbebenaufzeichnungen hingegen sind von solchen Störungen meist unbeeinflusst. Je weiter eine Erdbebenstation vom Bebenherd entfernt ist, umso tiefer liegen- de und daher nach heutiger Ansicht homogenere Schichten des Erdkörpers werden von den Erdbebenwellen (abgesehen von den Oberflächenwellen) auf dem Weg vom Bebenherd zur Station durchlaufen. Epizentrenbestimmungen aus Fernbebenauf- zeichnungen sind daher immer dann von besonderem Interesse, wenn genauere Anga- ben über die Krustenstruktur im Gebiet der Nahbebenstation unzureichend sind.

Die Kenntnisse über den Aufbau der Erdkruste und des oberen Mantels in Ostafri- ka sind heute noch sehr unvollständig. Daher ist auch über die Genauigkeit der Epizentrenbestimmungen aus den Aufzeichnungen von Nahbebenstationen für Ost- afrika, abgesehen von den durch makroseismische Untersuchungen gefundenen Be- stätigungen in einigen Teilgebieten, noch wenig bekannt. Dem Vergleich mit aus Fernbebenaufzeichnungen ermittelten Epizentren in Ostafrika muß daher besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Ebenso wie für die makroseismischen Methoden kommen für die Fernbebenuntersu- chungen nur starke bis sehr starke Erdbeben in Betracht ($M > 5.5$). Da im Gan- zen gesehen Ostafrika nur ein Gebiet mit mittlerer Erdbebenaktivität ist, DE BREMAECKER schätzte 1959 den in Ostafrika bei Erdbeben frei werdenden Energiebe- trag auf etwa 0.03 % des auf der Erde durch Erdbeben frei werdenden Gesamt- betrages, bleibt die Zahl der als Fernbeben aufgezeichneten Ereignisse gering.

Angaben über die Lage von Epizentren in Ostafrika, die an den Internationalen Rechenzentren von Straßburg, BCIS (Bureau Central International de Séismologie) und Washington, USCGS (United States Coast and Geodetic Survey) aus Fernbeben- aufzeichnungen ermittelt wurden, konnten für die Zeit von Januar 1955 bis März 1964 von SYKES und LANDISMAN (1964) gemacht werden. Auf das in der vorliegenden Arbeit betrachtete Gebiet Ostafrikas entfallen dabei 49 Epizentren. 26 Epizen- tren wurden aus den Aufzeichnungen von weniger als 10 Stationen bestimmt, für 12 Epizentren liegen Daten von 10 bis 50 Stationen zugrunde. 8 Ereignisse wur- den aus Daten von mehr als 50 Stationen ermittelt. Für drei Ereignisse wurden keine Angaben über die Zahl der zur Verfügung stehenden Daten gemacht. Die er- reichte Genauigkeit bei der Berechnung der Epizentren für Ostafrika wird ange- geben mit ± 10 km für die Beben, für die von mehr als 10 Stationen Daten zur Berechnung der Herddaten vorlagen. Diese Genauigkeit wird abgeleitet aus Unter- suchungen, die anlässlich von Kernexplosionen im Südwest-Pazifik 1954 durchge- führt wurden (Unternehmen BRAVO, ROMEO und UNION). Dabei ist die ungleichmäßige geographische Verteilung der Erdbebenstationen auf der Erde berücksichtigt. Da- ten von Nahbebenstationen gehen bei der Berechnung mit größerem Gewicht ein. Da als Nahbebenstationen für den betrachteten Zeitraum nur die I.R.S.A.C.-Sta- tionen Lwiro, Uvira, Astrida, Rumangabo und vereinzelt Delcomune infrage kom- men, sollen die Ergebnisse von SYKES und LANDISMAN 1964 (Abb. 7) hier nicht be- trachtet werden, in denen die Daten der Nahbebenstationen vermutlich zu mehr als 50 % (nach Zahl der Stationen, nicht nach Gewicht) beigetragen haben. Als

NO.	DAT	O(L*S)	O(LWI)	E(L*S)	E(LWI)	Z	D	$\Delta\lambda^\circ$	$\Delta\varphi^\circ$	ΔO	M(LWI)
1.	24. 8.59	01-26-03.9	01-26-12	04.24 S 35.04 E	4.0 S 34.5 E	14	665	-0.5	-0.2	+8	6.1
2.	25. 9.62	04-48-36.3	04-48-43	07.52 S 35.12 E	7.1 S 34.7 E	14	838	-0.4	-0.4	+7	6.3
3.	4. 9.55	22-12-47.0	22-12-52	01.66 N 30.90 E	1.7 N 30.3 E	23	430	-0.6	0	+5	6.0
4.	5. 7.57	15-32-05.3	15-32-03	01.89 S 26.75 E	1.7 S 26.5 E	55	260	-0.3	-0.2	-2	5.6
5.	9. 7.57	22-24-43.9	22-24-47	0.11 S 29.32 E	0.3 S 29.5 E	15	280	+0.2	+0.2	+3	4.7
6.	19. 6.59	11-58-51.6	11-58-52	0.17 S 29.38 E	0.2 S 30.0 E	21	260	+0.6	0	0	5.0
7.	9. 8.59	11-16-51.4	11-16-53	0.79 N 29.91 E	0.5 N 29.0 E	12	350	-0.9	-0.3	+2	5.1
8.	12.11.61	02-15-12.0	02-15-12.5	0.51 N 29.50 E	0.6 N 29.5 E	70	317	0	+0.1	+1	6.2
9.	3. 2.56	21-37-53.9	21-38-02	05.03 S 30.21 E	3.8 S 30.0 E	25	240	-0.2	-1.2	+8	5.2
10.	4. 2.56	21-12-47.1	21-12-42	06.48 S 31.05 E	- -	12	470	-	-	-5	6.2
11.	22. 1.57	11-18-24.5	11-18-27	04.82 S 28.73 E	4.5 S 28.5 E	41	290	-0.2	-0.3	+3	6.2
12.	5. 5.58	06-31-38.2	06-31-38	09.64 S 27.83 E	9.5 S 28.0 E	105	720	+0.2	-0.1	0	7.2
13.	4. 5.59	16-25-57.4	16-26-10	07.45 S 32.86 E	7.0 S 32.0 E	10	630	-0.9	-0.5	+13	4.7
14.	22. 9.60	05-38-10.0	05-38-12.3	03.60 S 29.08 E	3.5 S 29.1 E	97	148	0	-0.1	+2	5.6
15.	22. 9.60	09-05-32.5	09-05-34	03.61 S 29.03 E	3.5 S 29.1 E	121	148	0	-0.1	+1	6.4
16.	22. 9.60	09-14-55.5	(09-14-51)	02.89 S 29.41 E	(3.5 S 29.1 E)	76	148	-0.4	+0.6	-5	5.6
17.	24.10.60	03-58-18.0	03-58-19	03.54 S 28.44 E	3.5 S 29.2 E	12	149	+0.8	0	+1	5.0
18.	27.11.60	20-37-18.8	20-37-21.6	03.67 S 28.72 E	3.5 S 29.3 E	20	157	+0.6	-0.2	+3	4.9
19.	2.12.60	13-43-20.6	13-43-22.5	03.52 S 29.14 E	3.5 S 29.6 E	13	147	+0.5	0	+2	5.1
20.	20. 5.61	17-51-58.0	17-51-49	06.52 S 30.66 E	6.7 S 30.7 E	50	550	0	+0.2	-9	6.4

Tabelle V

In der Tabelle bedeutet:

O(L⁺S) = Herdzeit nach LANDISMAN und SYKES

O(LWI) = Herdzeit nach Lwiro - I.R.S.A.C.

E(L⁺S) = Herdkoordinaten nach LANDISMAN und SYKES

E(LWI) = Herdkoordinaten nach Lwiro - I.R.S.A.C.

Z = Zahl der Daten, die LANDISMAN und SYKES für die einzelnen Beben zur Verfügung standen

D = Epizentraldistanz für Lwiro in km

$$\Delta\lambda = \lambda_{Lwi} - \lambda_{L+S}$$

(Differenz der geographischen Längen)

$$\Delta\varphi = \varphi_{Lwi} - \varphi_{L+S}$$

(Differenz der geographischen Breiten)

M(LWI) = Magnitude, ermittelt in Lwiro

$$\Delta O = O_{Lwi} - O_{L+S} \quad (\text{Herdzeitdifferenz in sec.})$$

von den Nahbebendaten "unabhängig" werden daher nur solche Herddaten betrachtet, die aus den Daten von mindestens 10 Stationen abgeleitet wurden. Die auf diese Weise gefundenen Herddaten werden nun verglichen mit solchen, die ausschließlich aus den Aufzeichnungen der I.R.S.A.C.-Stationen allein bestimmt wurden.

Die 20 zum Vergleich vorliegenden Epizentren werden in drei Gruppen aufgeteilt: (1) Beben, die im Great Rift Valley liegen, östlich der Erdbebenstation Lwiro, also etwa zwischen 32°E und 38°E sowie 1°N und 8°S , (2) Beben, die im nördlichen zentralen Graben liegen, nördlich der Station Lwiro, also zwischen 26°E und 32°E sowie 2.2°S und 4°N , und (3) Beben, die im südlichen zentralen Graben liegen, südlich der Station Lwiro, also zwischen 26°E und 32°E sowie 2.2°S und 9°S . Dann entfallen auf die erste Gruppe 2 Beben, auf die zweite Gruppe 6 und auf die dritte Gruppe 12 Beben.

Der Tabelle V ist zu entnehmen, daß für die zwei Beben der ersten Gruppe die Abweichungen der Herdkoordinaten in allen Fällen negativ sind. Dies bedeutet, daß die Epizentren, die aus den Daten der I.R.S.A.C.-Stationen für Ostafrika bestimmt wurden, etwa 50 km westlich und etwa 30 km nördlich gegenüber den von SYKES und LANDISMAN angegebenen Epizentren verschoben sind. Die Abweichungen in der Herdzeit sind positiv. Sie machen somit die Verschiebung der Epizentren verständlich. - Die Angaben in der Gruppe zwei zeigen in den Herdkoordinaten für die geographische Breite sehr geringe Abweichungen (10 bis 20 km), etwas stärkere Abweichungen in der geographischen Länge (bis zu 60 km). Die Unterschiede in den Herdzeiten tendieren zu positiven Abweichungen. Es gelten auch für die Gruppe 3 in etwa die gleichen Abweichungen in den Koordinatenangaben wie in Gruppe 2. Eindeutig überwiegt auch hier eine positive Abweichung in der Herdzeit. - Den Angaben in Gruppe 2 und Gruppe 3 kann gemeinsam entnommen werden, daß die Herddaten von SYKES und LANDISMAN, nach B.C.I.S. und U.S.C.G.S., dann am besten mit den aus den Nahbebenaufzeichnungen der I.R.S.A.C.-Stationen ermittelten Daten übereinstimmen, wenn für die ersteren die Zahl der zugrundeliegenden Informationen am größten ist. (Beben No: 4, 8 und No: 11, 12, 14, 15 und 20). Die starken Abweichungen der Herddaten im Falle des Bebens No. 16 bilden hier eine Ausnahme: Das Beben No. 16 folgt dem Beben No. 15 derart schnell, daß eine exakte Bestimmung der Herddaten aus den Nahbebenbeobachtungen nicht möglich war.

Zusammenfassend kann diesem Vergleich entnommen werden, daß die von den Nahbebenstationen ermittelten Herddaten für den zentralen ostafrikanischen Graben den tatsächlichen Werten sehr nahe kommen dürften. Obwohl für den großen ostafrikanischen Graben mit zwei Epizentren viel zu wenige Daten vorliegen, so zeichnet sich hier zunächst die Tendenz ab, daß die für dieses Gebiet aus den Nahbebenaufzeichnungen der I.R.S.A.C.-Stationen ermittelten Epizentren grundsätzlich zu weit westlich zu liegen kommen.

Es muß hier bemerkt werden, daß Erdbebenherde nicht punktförmig sind. Vielmehr haben sie, je nach den geologischen (Anlage der tektonischen Strukturen etc.) und physikalischen (aufgebaute Spannungen in der Erdkruste) Verhältnissen, eine mehr oder weniger große räumliche Ausdehnung. Die Angabe über die Genauigkeit

mit der ein Epizentrum bestimmt werden kann, ist dann natürlich festgelegt durch die horizontale Ausdehnung des Herdes: Die Genauigkeit des Epizentrums kann nicht größer sein als die Abmessungen des zugehörigen Herdes.

VI. MAGNITUDE, ENERGIE UND INTENSITÄT EINES ERDBEBENS

VI.1. MAGNITUDE

Um von dem im Abschnitt über makroseismische Untersuchungen eingeführten Begriff der Intensität unabhängig zu werden, mit dem die Wirkung eines Erdbebens am jeweiligen Beobachtungsort nur subjektiv beschrieben wird, wurde von C.F. RICHTER 1935 in Anlehnung an die in der Astronomie gebräuchliche Klassifikation der Sterne, die Magnitude eingeführt. Die Magnitude wurde so definiert, daß unabhängig von der Epizentralentfernung an jeder Erdbebenstation für das gleiche Erdbeben der gleiche Wert ermittelt wird.

Die Bestimmung der Magnitude von Nahbeben wird heute allgemein aus den Aufzeichnungen von Standard Torsionsseismometern nach WOOD-ANDERSON (Eigenperiode $t_0 = 0.8$ sec, Vergrößerung $V = 2800$, Dämpfung $h = 0.8$) vorgenommen. (Aus Fernbebenaufzeichnungen wird die Magnitude im allgemeinen entweder aus den Oberflächenwellen oder aus den Ersteinsätzen der P-Phase bestimmt.) Nach den Richtlinien von DON TOCHER 1965 (diese Richtlinien werden ähnlich den deutschen Normblättern herausgegeben) ist die Magnitude eines Nahbebens festgelegt durch die Beziehung:

$$M = \log A - \log A_0$$

Hierbei bedeutet A die maximale Amplitude auf dem von einem Standard Seismometer nach WOOD-ANDERSON aufgeschriebenen Seismogramm eines Erdbebens. A_0 ist die maximale Amplitude, die ein Beben mit der Magnitude $M = 0$ und der gleichen Herdlage auf dem gleichen Seismogramm haben würde. Der Nullpunkt dieser Skala ist so festgelegt, daß ein Erdbeben in einer Entfernung von 100 km dann die Magnitude $M = 3$ haben soll, wenn es auf einem mittels Standard Seismometern nach WOOD-ANDERSON aufgeschriebenen Seismogramm eine maximale Amplitude von 1 mm hat (RICHTER S. 341). Der Tabelle VI ist nach RICHTER zu entnehmen, mit welcher Amplitude A_0 in der Epizentralentfernung d ein Erdbeben mit der Magnitude $M = 0$ von der Standardapparatur registriert wird.

Alle I.R.S.A.C.-Stationen, bis auf die Station Delcomune, sind ausgerüstet mit Standard Torsionsseismometern nach WOOD-ANDERSON. Diese Standard Seismometer sind Instrumente, die Horizontalbewegungen des Bodens aufzeichnen. Die Stationen sind daher mit jeweils zwei dieser Geräte zur Registrierung sowohl der Ost-West (EW) als auch der Nord-Süd (NS) Komponente der Bodenbewegung bestückt. Das arithmetische Mittel aus den Amplituden der beiden Komponenten EW und NS wird der Bestimmung der Magnituden zugrunde gelegt.

$$A = (A_{EW} + A_{NS})/2$$

Nach RICHTER (S.343) ist bei der Bestimmung der Magnitude einer Methode der Vorzug zu geben, bei der die Magnitude aus dem arithmetischen Mittel der Teil-

d (km)	log A ₀	d (km)	log A ₀
0	-1.4	150	-3.3
10	-1.5	200	-3.5
20	-1.7	250	-3.8
30	-2.1	300	-4.0
40	-2.4	350	-4.3
50	-2.6	400	-4.5
60	-2.8	450	-4.6
70	-2.8	500	-4.7
80	-2.9	550	-4.8
90	-3.0	600	-4.9
100	-3.0		

Tabelle VI

magnituden M_{EW} und M_{NS} abgeleitet wird.

$$M = (M_{EW} + M_{NS})/2$$

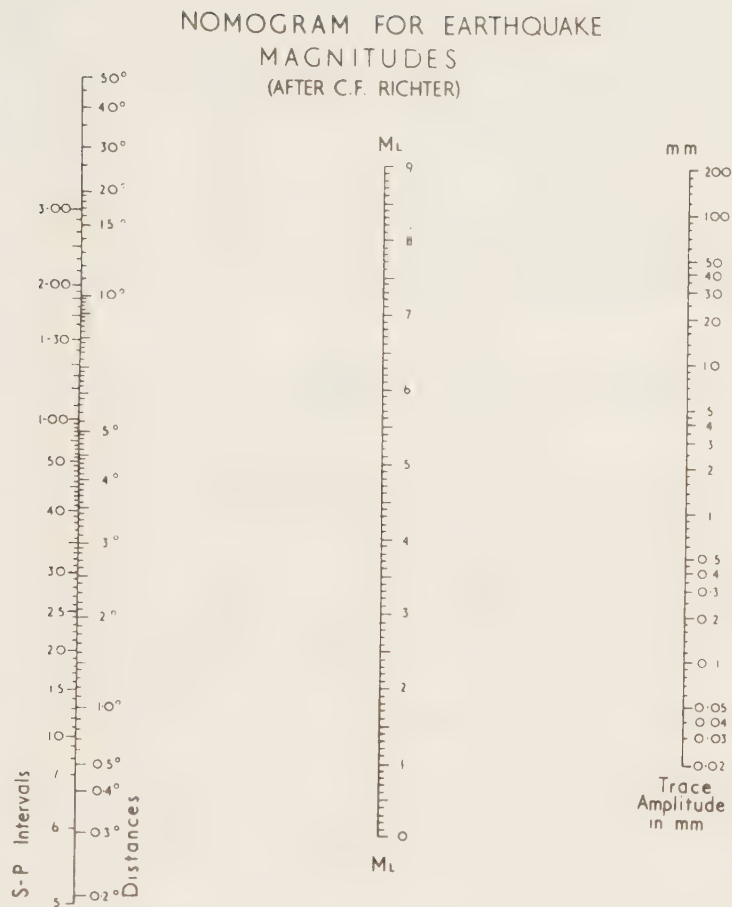
Wenn nicht besonders vermerkt, sind im folgenden die Magnituden aus den Registrierungen der Erdbebenstation Lwiro abgeleitet. Eine Korrektur der Magnitudenwerte, die die individuellen Verhältnisse (Untergrund, Eigenart des Gerätes etc.) an der Station Lwiro berücksichtigen würde, wird nicht angebracht.

Für die Routineauswertung wurden von RICHTER und besonders von NORDQUIST (1932) Nomogramme zur Bestimmung der Magnituden entwickelt. Abbildung 14 zeigt ein modifiziertes Nomogramm von G.A.EIBY und M.G.MUIR 1961 nach C.F.RICHTER, wie es zur Bestimmung der Magnituden an der Station Lwiro benutzt wurde.

DE BREMAECKER erweiterte 1955 für die Station Lwiro wegen der geringen Vergrößerung der Standard Seismometer nach WOOD-ANDERSON die beschriebene Methode zur Bestimmung der Magnitude auf die Aufzeichnungen der sehr viel empfindlicheren kurzperiodischen BENIOFF Vertikal-Seismometer ($T_0 = 1.0$ sec, $T_g = 0.25$ sec, $V = \text{ca. } 50\,000 - 100\,000$) auf Grund von Vergleichen der Seismogramme der beiden Geräte. Durch diese Erweiterung gelang es, die Magnituden schwacher Beben noch in größeren Entfernungen zu ermitteln, als es mit den Standard Seismometern möglich gewesen wäre. Die an der Station Lwiro ermittelten Magnituden von Nahbeben korrespondieren gut mit den an anderen Erdbebenstationen ermittelten Magnituden für die gleichen Beben. Am Beispiel des Ruwenzori Erdbebens vom 20. März 1966 und einiger Nachbeben werden die an verschiedenen Stationen errechneten Magnituden gegenübergestellt. Alle in der Tabelle VII betrachteten Epizentren lagen mit nur geringen Abweichungen um $0^\circ 7'$ N und $30^\circ 1'$ E, mit Epizentralentfernungen zur Station Lwiro von 340 bis 380 km. Die Herde lagen oberflächennah.

Die Magnituden-Angaben der Stationen Lwiro und Addis Abeba sind nicht in den U.S.C.G.S.-Magnituden enthalten. Alle Daten, bis auf die Magnituden-Werte der Stationen Lwiro und Addis Abeba, wurden den "EARTHQUAKE DATA REPORT" (EDR) des U.S.C.G.S. entnommen (EDR NO: 16,17,20,22,23,24,26,27,28,29,31,32,33,40,42,45,46,47). Die Angaben der Station Addis Abeba wurden persönlich mitgeteilt.

Der Tabelle ist zu entnehmen, daß die Magnitudenangaben der Station Lwiro, bis auf einen Wert vom 16.5.66, sehr gut mit den Angaben der Station Addis Abeba übereinstimmen. Annähernd gleich gute Übereinstimmung besteht mit den Daten der Stationen Bangui (ein Ausreißer am 20.3.66), Bulawayo und Pretoria. Die Angaben der Station Nairobi sind dagegen nicht mit den Magnituden-Werten der Station Lwiro und den Werten der übrigen Stationen in Einklang zu bringen.



For use only with Wood-Anderson Torsion Seismographs having standard constants (Period 0.8sec, Magnification 2800, Damping h=0.8). The maximum trace amplitude is measured from the zero line. When two components are available use the arithmetic mean. Corresponding values of distance, amplitude and magnitude lie on a straight line. S-P intervals shown are these for a local depth of 0.00r.

Abb. 14: Nomogramm zur Bestimmung der Magnitude von
G.A.EIBY und M.G.MUIR, 1961, nach C.F.RICHTER

Ein Vergleich der Magnitudenangaben der Station Lwiro mit den von der U.S.C.G.S. ermittelten Werten zeigt ebenfalls gute Übereinstimmung: die mittlere Streuung der Magnitudenwerte beträgt $\Delta M = \pm 0.4$. Dieser Wert ergibt sich aus der Beziehung

$$\Delta M = \pm \sqrt{(M_L - M_U)^2 / (n-1)}$$

wobei M_L die Magnitude an der Station Lwiro, M_U die Magnitude aus den Daten des U.S.C.G.S. bedeutet. n ist die Anzahl der hier benutzten Wertepaare.

DAT. 1966	O (USCGS)	LWI	AAE	BGN	BUL	NAI	PRE	USCGS	NO
20.3.	01-42-49.9	6.8	6.8	4.2	6.1	-	5.5	6.1	15
20.3.	02-39-40.0	5.6	5.4	-	-	-	5.3	5.5	2
20.3.	03-22-47.6	5.0	5.2	4.9	4.7	-	5.1	5.1	5
20.3.	08-55-35.5	5.2	5.7	-	5.4	-	5.4	5.3	3
21.3.	01-30-41.6	5.6	4.8	-	5.2	-	4.8	5.2	4
21.3.	09-23-53.2	4.6	5.3	-	4.6	-	4.6	4.8	4
25.3.	13-49-49.3	5.0	5.1	4.9	4.2	-	-	4.6	2
29.3.	17-24-12.6	5.0	4.9	-	-	5.8	-	-	-
1.4.	07-59-37.0	4.7	4.7	4.4	-	-	-	4.4	1
6.4.	01-17-53.6	4.3	4.5	4.4	-	-	-	4.4	1
7.4.	00-09-10.7	4.1	4.3	4.4	-	5.2	-	5.0	2
12.4.	07-35-13.3	4.7	4.8	4.8	-	5.8	-	-	-
13.4.	02-14-20.0	5.1	5.2	5.3	4.7	6.3	-	4.9	3
13.4.	09-43-05.4	4.4	4.7	5.0	4.0	-	-	4.0	1
14.4.	13-16-20.8	4.9	5.1	5.1	4.3	-	-	4.9	3
15.4.	03-08-16.3	5.2	5.2	5.2	-	-	5.5	5.3	4
16.4.	14-43-20.5	5.3	5.2	5.3	5.6	5.5	5.0	5.3	6
30.4.	20-38-47.0	4.4	-	4.9	-	5.1	-	5.0	2
16.5.	05-44-19.6	5.2	7.9	-	-	6.3	-	-	-
17.5.	07-03-29.4	5.9	-	-	5.1	6.7	-	6.3	4
18.5.	01-46-34.5	5.0	-	-	4.1	6.0	-	-	-
29.5.	02-26-13.2	4.4	-	4.9	4.1	-	-	4.7	2
14.6.	15-37-45.9	4.4	-	5.0	4.6	5.2	-	5.0	3
17.6.	18-31-55.1	4.9	-	-	-	6.3	4.8	-	-
2.7.	11-21-30.4	5.0	-	-	5.1	5.9	4.6	4.8	3

Tabelle VII

In der Tabelle bedeutet:

O (USCGS) = Herdzeit, berechnet nach USCGS (United States Coast and Geodetic Survey)

LWI = Magnituden, berechnet an der Station Lwiro

AAE = Magnituden, berechnet an der Station Addis Abeba

BGN = Magnituden, berechnet an der Station Bangui

BUL = Magnituden, berechnet an der Station Bulawayo

NAI = Magnituden, berechnet an der Station Nairobi

PRE = Magnituden, berechnet an der Station Pretoria

USCGS = Magnituden, berechnet nach Daten der USCGS

NO = Zahl der Daten, aus denen die USCGS-Magnitude berechnet wurde.

VI.2. INTENSITÄT UND MAGNITUDE

So nützlich die Einführung der Magnitude als Kennziffer eines Erdbebens ist, so bleibt ihre Anwendung vor allem auf solche Beben beschränkt, die mittels Seismographen registriert werden. In Gebieten, in denen keine Erdbebenstationen zur Verfügung stehen, oder, wie bei der Beurteilung historischer Beben, nicht zur Verfügung standen, bleibt die Intensitäten-Skala das einzige Mittel zur Beschreibung eines Bebens.

GUTENBERG und RICHTER (1958) (RICHTER, Elementary Seismology, S. 353) gelingt es, speziell für Erdbeben in Südkalifornien (USA), eine Beziehung zwischen der Magnitude M und der maximalen, beobachteten Intensität I_0 abzuschätzen:

$$I_0 = -1.8 + 1.6 M.$$

Eine ähnliche Beziehung wird von SAVARENSKY (1960) angegeben:

$$I_0 = -2.2 + 1.7 M.$$

Beide Beziehungen wurden für oberflächennahe Herde abgeleitet und werden von den Autoren selbst nur als "grobe Abschätzungen" bezeichnet.

Für eine entsprechende Abschätzung der Zusammenhänge zwischen der Maximalintensität und der Magnitude im hier betrachteten Teil Ostafrikas, liegt nur sehr wenig und inhomogenes Material vor.

SUTTON und BERG ermittelten für drei Beben (Abb. 12; Abb. 13) die folgenden Daten:

(a)	22.7.55	0 = 04-00-03	1°7 N, 30°5 E	M = 6.0	I_0 = VI
(b)	4.9.55	0 = 22-12-52	1°7 N, 30°2 E	M = 6.3	I_0 = VI
(c)	3.2.56	0 = 21-38-00	4°0 S, 30°5 E	M = 5.5	I_0 = VI

WHITTINGHAM (1964) führte makroseismische Untersuchungen für ein Beben in Tanzania durch:

(d)	7.5.64	0 = 05-45-31.2	4°2 S, 34°7 E	M = 6.8	I_0 = VII-VIII
-----	--------	----------------	---------------	---------	------------------

Die Angaben über Herdzeit, Lage des Epizentrums und Magnitude sind in Lwiro ermittelt worden.

Vom Autor selbst wurden die Beben von Uvira (e) und Bukavu (f), und gemeinsam mit LOUPEKINE (1966) das Ruwenzori-Beben (g) untersucht:

(e)	22.9.60	0 = 09-05-34	3°5 S, 29°1 E	M = 6.4	I_0 = VIII
(f)	25.4.65	0 = 10-01-10	2°6 S, 29°1 E	M = 4.4	I_0 = V-VI
(g)	20.3.66	0 = 01-42-44.2	0°7 N, 30°1 E	M = 6.8	I_0 = VIII-IX

Die vorliegenden Daten zerfallen in zwei Gruppen. Die Angaben (a), (b) und (c) nach SUTTON und BERG genügen in etwa der Beziehung

$$I_0 = M$$

wohingegen die restlichen Daten (d), (e), (f) und (g) sehr gut der Beziehung

$$I_0 = -a + 1.3 M, \text{ mit } 0 \leq a < 0.5$$

genügen. Die Beobachter beider Gruppen geben an, die Intensitäten nach der modifizierten MERCALLI-SIEBERG Skala beurteilt zu haben. Der letztgenannten Beziehung ist im Moment der Vorzug zu geben, da sie in dem größeren Magnituden-

intervall, $4.4 \leq M \leq 6.8$, gültig ist.

VI.3. MAGNITUDE UND ENERGIE

Davon ausgehend, daß die in einer elastischen Welle vorgegebener Periode enthaltene Energie E proportional dem Quadrat der Amplitude dieser Welle ist (TOPERCZER, S. 242; SAVARENSKY, S. 18-20; RICHTER, S. 365), kann eine einfache Beziehung zwischen der Magnitude M und der Energie eines Bebens abgeschätzt werden:

$$\log E = a + b M, \quad \text{mit } b \approx 2.$$

Die Werte für die Konstanten a und b variieren bei den einzelnen Autoren erheblich:

$$8 \leq a \leq 12; \quad 1.5 \leq b \leq 2.15$$

Eine etwas andere Beziehung wird von GUTENBERG und RICHTER (1956) (Bull. Seis. Soc. Am. 46, 105, 1956) (SCHEIDEGGER, 1963, S. 61) angegeben:

$$\log E = 9.4 + 2.14 M - 0.054 M^2.$$

BUNE, nach Arbeiten von SHEBALIN und GUTENBERG und RICHTER (RICHTER, S. 376), erweitert die erste Beziehung um ein Glied, welches die Herdtiefe berücksichtigt:

$$\log E = 8.8 + 2 \log h + 1.8 M$$

Für oberflächennahe Bebenherde, mit Tiefen von etwa $h = 15$ km, geht diese Beziehung über in:

$$\log E = 12 + 1.8 M.$$

Diese Beziehung ist heute mit Abstand die gebräuchlichste und wird deshalb auch in der vorliegenden Arbeit bei der Beurteilung von Bebenenergien herangezogen werden.

VII. FEHLER DER ZEITMESSUNGEN UND DER GESAMTFEHLER DER ERMITTELTEN HERDDATEN

Neben den systematischen Unsicherheiten, die durch die Wahl des Krustenmodells und der Geschwindigkeiten in die Bestimmung der Herddaten eingehen, sind die Fehler, die durch die Zeitmessungen in das Ergebnis eingehen, sehr klein.

Die zur Ermittlung der Herddaten notwendigen Zeitangaben werden den Seismogrammen entnommen. Die Registrierungen werden mit Hilfe eines Filmlesegerätes auf das Achtfache vergrößert, so daß der Abstand zweier aufeinanderfolgender Minutenmarken, auf dem Registrierfilm 1.5 cm, nun 12 cm beträgt. Abgelesen werden auf dem Seismogramm Zeitdifferenzen: (1) Zur Bestimmung der Ankunftszeiten t_p bzw. t_s der P- bzw. der S-Phase, die Differenz zwischen einer Minutenmarke und dem Einsatz der jeweiligen Phase, und (2) zur Bestimmung der Zeitdifferenz Δt zwischen den Ankunftszeiten t_p und t_s , die Differenz zwischen den beiden Einsätzen der Phasen. Sind die Einsätze der Phasen scharf (i), was bei Nahbebenaufzeichnungen mittels kurzperiodischer Seismographen meist der Fall ist, so beträgt die Ablesegenauigkeit einer Zeitdifferenz etwa $\pm 0.2 \text{ mm} = \pm 0.1 \text{ sec}$. Für weiche Einsätze (e) beträgt die Ablesegenauigkeit etwa $\pm 0.2 \text{ sec}$. Nach Abschnitt IV.2. gilt für die Herddistanz

$$d = \Delta t V_p V_s / (V_p - V_s)$$

und für die Herdzeit

$$t_0 = t_p - d/V_p, \text{ bzw. } t_0 = t_s - d/V_s.$$

Hierbei ist zu beachten, daß bei der Bestimmung der Herdzeit t_0 eine Korrektur (Uhrenkorrektur) angebracht wird, der ebenfalls ein Fehler anhaftet. Diese Uhrenkorrektur berücksichtigt den Gang der Stationschronometer gegenüber der Normalzeit. Als Normalzeit gilt an allen I.R.S.A.C.-Stationen die Zeitangabe von BBC London. Da die Uhrenkorrektur ebenfalls eine dem Seismogramm entnommene Zeitdifferenz ist, - die Zeitzeichen von BBC London werden auf den Registrierfilm automatisch eingeblendet - haftet auch ihr ein Ablesefehler an. Die Ablesungen dieser Zeitdifferenz können im allgemeinen kleiner gehalten werden als ± 0.1 sec. Der zweite Fehler der Uhrenkorrektur liegt in der linearen Interpolation im Zeitintervall zwischen zwei Zeitkontrollen. Zeitkontrollen erfolgen zwischen ein- und dreimal innerhalb von 24 Stunden. Versuche haben gezeigt, daß ein linearer Gang der Pendeluhr in sehr guter Weise erfüllt ist. Es ist daher berechtigt, den Gesamtfehler der Uhrenkorrektur, zusammengesetzt aus Ablesefehler und linearer Interpolation, ebenfalls mit ± 0.1 sec. anzusetzen.

Ein Gesamtfehler der Herddaten, Herddistanz und Herdzeit kann natürlich nur grob abgeschätzt werden, da die systematischen "Fehler" der Geschwindigkeiten das Ergebnis viel stärker beeinflussen als die Zeitmeßfehler. Als relativer Größtfehler für die Herddistanz folgt aus der obigen Beziehung

$$\Delta d/d = \Delta(\Delta t) / \Delta t + \Delta v_p / v_p$$

Hierbei wurde von der Annahme Gebrauch gemacht, daß das Verhältnis

$$v_p/v_s = \text{const.} \approx 1.7$$

gilt. Die Fehlerabschätzung erfolgte für $\Delta t = 50$ sec und $v_p = 8000 \pm 200$ m/s

$$\Delta d/d = \pm 5 \%$$

Aus den gleichen Annahmen ergibt sich der absolute Größtfehler der Herdzeit aus

$$\Delta t_0 = \Delta t_p + 3\Delta(\Delta t)$$

$$\text{zu } \Delta t_0 = \pm 0.5 \text{ sec.}$$

VIII. DIE SEISMIZITÄT OSTAFRIKAS

VIII.1. GEOGRAPHISCH-GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Das zu betrachtende Gebiet zwischen 4°N und 12°S sowie 24°E und 40°E umfaßt wesentliche Teile des Ostafrikanischen Hochplateaus. Im Westen schließt sich, etwa westlich 27°E , die Sedimentationswanne des Congo, die Cuvette Congolais oder das Congo-Becken an. Östlich begrenzt wird das alte Hochplateau durch eine schmale Sedimentationszone, den Küstenstreifen zum Indischen Ozean.

Das Ostafrikanische Hochplateau bildete sich, nachdem der alte Gondwana Kontinent zerbrochen war (erste Hälfte des Mesozoikums), in einer Periode tektonischer Ruhe. Diese Ruheperiode währte die ganze Kreidezeit und reichte bis in das Tertiär. Mit dem Tertiär beginnt, zweifellos im Zusammenhang mit dem Zyklus der alpinen Orogenese, nach der Hebung und Einebnung des Plateaus, eine erste

Faltung, bei der die späteren bruchtektonischen Richtungen bereits festgelegt wurden. Einer erneuten Ruheperiode, gegen Ende des Tertiärs, folgt mit dem Quartär die Periode der tektonischen Bewegungen, die noch heute das geologische Geschehen Ostafrikas mitbestimmen. Als Hauptperiode der Bildung der Afrikanischen Graben wird gegenwärtig das Miozän bis Mittel Quartär (Ende Pleistozän) angenommen. Es gilt weiter als gesichert, daß die Gesamtlage dieser Grabenbrüche in der genannten Hauptperiode erfolgte, während in der Folgezeit bis heute nur noch lokalere tektonische Bewegungen auftraten.

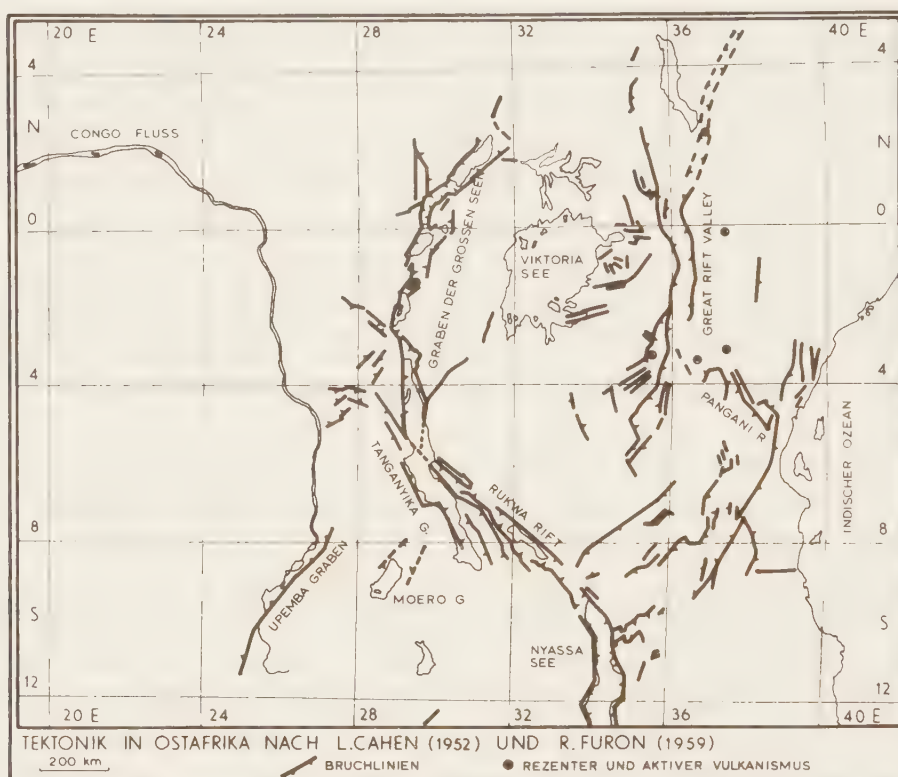


Abb. 15: Das Untersuchungsgebiet Ostafrikas, mit den tektonischen Linien nach L.CAHEN (1952) und R.FURON (1959)

Die Grabenbrüche Ostafrikas (Abb. 15) sind ein Teil einer Grabenzone, die sich mindestens über 60 Breitengrade hin verfolgen läßt. Das "Great Rift Valley" (auch Gregory Rift genannt) ist der zentrale Teil des östlichen Grabenbruchs. Am deutlichsten ausgebildet ist dieser Grabenteil in der Region des Eyasi-, Manyara- und Natron-Sees, über den Naivasha- und den Beringo-See bis zum Rudolfsee. Die Verlängerung dieses Grabenteils nach Norden führt über das Abessinische Hochland, das Danakils-Dreieck, in das Rote Meer, den Golf von Akaba, das Tote Meer und die Baalbeck-Ebene bis mindestens an das Taurische Faltengebirge. Die südliche Verlängerung dieser Grabenzone im Gebiet Tanzanias tritt dagegen nicht sehr deutlich in Erscheinung.

Einige Autoren bezweifeln sogar, daß das Pangani Rift, etwa in SE-Richtung streichend, beginnend bei den Vulkanen Kilimandjaro und Meru, und das Kilombero Rift, welches NE-SW in Richtung auf den Nyassa-See hin streicht, überhaupt zu den eigentlichen Grabenbrüchen zu rechnen ist. Die Verlängerung der Hauptgrabenzone wird daher häufig in dem etwa 800 km weiter westlich gelegenen "Graben der großen Seen" (westlicher Grabenbruch) gesehen. Ohne eine sichtbare Verbindung zum Great Rift Valley, beginnt der westliche Graben in etwa 31°E , 2°N , wo er die Uferlinie des Albert-Sees bildet. Über den Semliki-Graben und das Ruwenzori-Gebirge, den Eduard-, Kivu-, Tanganyika-, Rukwa- und Nyassa-See, läßt sich dieser Graben über einen Geländeabfall, der die Grenze zu Mozambique bildet, bis etwa nach Sofala in der Nähe von Beira am Indischen Ozean verfolgen. Im Upemba-Graben und eventuell im Moero-Graben besitzt diese große NS laufende Struktur NE-SW streichende Zweige. Mit dem Kavirondo-Rift, zwischen dem Great Rift Valley und dem Viktoria-See, hat auch der östliche Grabenbruch einen NE-SW streichenden, direkt anschließenden Zweig.

Parallel zu den tektonischen Bewegungen Ostafrikas findet sich, gebunden an die beiden großen Grabenbrüche, Vulkanismus. Ausgedehnte Decken vulkanischen Materials entlang des gesamten Great Rift Valleys, und die Vulkane Mt. Kenya, Mt. Kilimandjaro, Mt. Meru und Mt. Lengai, der als einziger Vulkan dieses Teils Ostafrikas noch heute aktiv ist, und viele andere, sind Zeugen dieses Vulkanismus. Keinen rezenten Vulkanismus zeigen dagegen das Pangani- und Kilombero Rift System. Starken Vulkanismus weist das westliche Grabensystem auf. Insbesondere finden sich südwestlich und nördlich Bukavu, am Süden des Kivu-Sees gelegen, ausgedehnte effusive Decken und erloschene Vulkane (Mt. Kahusi, Mt. Biega). Aktiver und rezenter Vulkanismus ist kennzeichnend für das Gebiet zwischen dem Kivu- und dem Eduard-See: Mt. Nyiragongo, Mt. Nyamuragira und Mts. Karisimbi, Mikeno, Sabinio etc. Verbunden mit dieser Zone aktiven Vulkanismus ist wahrscheinlich der Vulkanismus im Toro-Ankole-Gebiet Ugandas. Tertiärer bis rezenter Vulkanismus im Zusammenhang mit der Grabentektonik, tritt im Süden nur noch im Rungwe-Gebiet, zwischen dem Rukwa- und dem Nyassa-See auf.

Wie sich gezeigt hat und wie im folgenden ausgeführt wird, sind die Erdbeben im Untersuchungsgebiet Ostafrikas im wesentlichen an die beschriebenen Grabensysteme mit ihrem Vulkanismus gebunden. Auch die Erdbeben, deren Epizentren nicht in unmittelbarer Nähe der an der Erdoberfläche erkennbaren Grabenstrukturen liegen, scheinen doch ohne Ausnahmen mit den rezenten Bewegungen in diesen Strukturen zusammenzuhängen. Aus diesem Grunde erfolgt die Diskussion der Epizentrenkarten von vorneherein im Zusammenhang mit den tektonischen Karten: für den Graben der großen Seen (westlicher Graben) nach L.CAHEN (1952) und für den großen ostafrikanischen Graben nach R.FURON (1959). Hierzu wurden die Grabenzonen in fünf Teilgebiete untergliedert: (1) der nördliche Teil des westlichen Grabens zwischen 2°N und 2°S sowie 28°E und 31°E , (2) der mittlere Teil des westlichen Grabens zwischen 0° und 3°S sowie 25°E und 30°E , (3) der nördliche Teil des Tanganyika Grabens zwischen 2°S und 6°S sowie 27°E und 31°E , (4) der südliche Teil des westlichen Grabens und das Great Rift Valley mit dem Kilombero Rift und dem nördlichen Nyassa Graben, zwischen 5°S und 12°S sowie 24°E und 40°E und (5) das Ostafrikanische Grabensystem zwischen 4°N und 12°S

sowie 32°E und 40°E . Die Teilgebiete 1, 2 und 3 umfassen mit den wesentlichsten Strukturen des westlichen Grabens das bereits von J.CL.DE BREMAECKER, G.SUTTON und ED.BERG bearbeitete Gebiet. Die Ergebnisse dieser Autoren, insbesondere von J.CL.DE BREMAECKER, werden bei der Betrachtung dieses Gebietes mitverwendet. Die Teilgebiete 4 und 5 wurden bisher noch keiner systematischen Nahbebenuntersuchung unterzogen.

VIII.2. TEILGEBIET 1: ALBERT-SEE, SEMLIKI RIFT, RUWENZORI, EDUARD-SEE, RWINDI-RUTSHURU-EBENE, VIRUNGA-VULKANE

VIII.2.1. EPIZENTRENKARTE

Dank der Arbeiten von J.CL.DE BREMAECKER, 1959, der Epizentrenbestimmungen von 1956 bis Juni 1958 durchgeführt hat - seiner Epizentrenkarte fügte er noch einige bereits früher bestimmte Beben zu - , liegt jetzt für das Teilgebiet 1, ebenso wie für die Teilgebiete 2 und 3 geschlossenes Material von 1956 bis 1963 vor (die Daten der Epizentren s. Anhang). Hinzu kommen, allerdings unvollständige Daten von 1954 bis 1955. Die Epizentren-Daten für 1963 wurden von E.SCHMEDES und T.JANSSEN 1966/67 ermittelt.

Das Teilgebiet 1 (Abb. 16) umfaßt den Nordteil des westlichen Grabensystems. Beginnend im Nordwesten können folgende Teilstrukturen des Grabens unterschieden werden: (1) der Albert-See, (2) das Ruwenzori-Semliki-Gebiet, (3) der Eduard-See und die Rwindi-Rutshuru-Ebene, sowie (4) die Virunga-Vulkane am Nordende des Kivu-Sees.

VIII.2.1.1. DAS ALBERT-SEE GEBIET

Von allen im Teilgebiet 1 vorhandenen Grabenstrukturen besitzt wohl das Albertsee-Gebiet die merkwürdigste Erdbebenetätigkeit: vier Beben mit Magnituden $M \geq 5.0$ - (zwei der Beben an der Ostflanke des Albert-Grabens sind identisch mit den von SUTTON und BERG 1958 (Abb. 12, 13) makroseismisch untersuchten Ereignissen. DE BREMAECKER, dessen Epizentrenkarte von 1959 diese Angaben entnommen wurden, verwendete die Daten von USCGS. Diese Beben dürften also eher an der Westflanke des Albert-Grabens stattgefunden haben.) - ein Beben mit $M \approx 4.4$ (DE BREMAECKER), und nur wenigen Beben mit Magnituden zwischen $M = 3$ und $M = 4$. DE BREMAECKER schreibt dazu: "This Region is too far from the stations for good determinations; it is one of the most active areas, where minor damage is frequent, contrary to WILLIS' statement (B.WILLIS 1936, S. 314)." - Dieser Ansicht von DE BREMAECKER kann nach dem augenblicklichen Stand der Untersuchungen nicht gefolgt werden. Richtig ist, daß bei Epizentralentfernungen von etwa 500 km von der Station Lwiro (ca. 400 km zur Station Rumangabo) eine Bestimmung der Epizentren schwierig ist, insbesondere für Beben mit Magnituden zwischen $M = 3$ und $M = 4$. Sowohl im Südteil des westlichen Grabens, als auch im Great Rift Valley konnten jedoch Epizentrenbestimmungen einer Vielzahl von Beben (s.u.) ähnlicher Magnituden mit weit größeren Herddistanzen befriedigend durchgeführt werden. Im Falle, daß die Lage des Epizentrums nicht bestimmbar war, konnte auf Grund von Zeitdifferenzen bestimmter Phasen wenigstens die Epizentralrichtung ermittelt werden. Es muß daher angenommen werden, daß Beben mit mittleren Magnituden, also etwa zwischen $M = 3$ und $M = 5$ nur in sehr ge-



Abb. 16: Epizentrenkarte des Teilgebietes 1.

- = Beben mit $M \geq 5.0$
- = Beben mit $4.0 \leq M < 5.0$
- ▲ = Beben mit $3.0 \leq M < 4.0$
- Ⓐ Ⓡ = aktiver und rezenter Vulkanismus
- R = Erdbebenstation Rumangabo

ringer Zahl auftreten. Vielmehr scheint es, daß die hier in der Erdkruste gespeicherten Spannungen nicht durch viele kleine Beben, sondern durch wenige stärkere Beben abgebaut werden. Im Beobachtungszeitraum von 1958 bis 1963 wurden im Albertsee-Gebiet nur zwei Beben mit Magnituden von ca. $M = 4.5$ ermittelt. Das Albertsee-Gebiet ist eines der seismisch inaktivsten Regionen des westlichen Grabensystems.

VIII.2.1.2. DAS RUWENZORI-SEMLIKI GEBIET

Im Gegensatz zur Albertsee-Region muß das Ruwenzori-Semliki-Gebiet zu den seismisch aktivsten Zonen des gesamten betrachteten Gebietes Ostafrikas gerechnet werden. Erst in jüngster Zeit - März 1966 - fand hier ein Beben mit einer Magnitude von etwa $M = 7.0$ statt (s.u.).

DE BREMAECKER bezeichnete die Aktivität dieses Gebietes als "gemäßigt". Tatsächlich konnten in diesem Gebiet im Beobachtungszeitraum von 1958 bis 1963 mehr als 100 Epizentren bestimmt werden, davon mindestens drei mit Magnituden $M \geq 5.0$ und ca. 25 Beben mit Magnituden $4 \leq M < 5$. Bemerkenswert scheint, daß die Epizentren streng an die tektonischen Linien gebunden sind. Lediglich östlich des Ruwenzori-Gebirges und in der Verlängerung der Linie Albertsee - Semliki Graben liegen einige Epizentren deutlich außerhalb der eingezeichneten Strukturen.

VIII.2.1.3. DER EDUARDSEE UND DIE RWINDI-RUTSHURU-EBENE

Eine erkennbar schwächere seismische Aktivität zeigt das sich südlich an die Ruwenzori-Semliki-Zone anschließende Gebiet des Eduard-Sees. Zwar liegen auch hier die Mehrzahl der Beben innerhalb der Grabenstrukturen, doch ist die Zahl der Epizentren, die außerhalb dieser Struktur liegen, sehr erheblich. Sowohl östlich, wie bereits DE BREMAECKER fand, als auch westlich des Eduard-Sees befinden sich Zonen bemerkenswerter Bebenaktivität. Das gleiche Bild findet sich für die südlich des Eduard-See gelegene Rwindi-Rutshuru-Ebene, bis an das Vulkangebiet nördlich des Kivu-Sees. Die Seismizität kann hier als gemäßigt (moderate) bezeichnet werden: ein Beben mit $M \geq 5$, etwa 15 Beben mit Magnituden $4 \leq M < 5$ und mehr als 50 lokalisierte Beben mit Magnituden $3 \leq M < 4$.

VIII.2.1.4. DAS GEBIET DER VIRUNGA-VULKANE

Eine relativ kleine Zone, nördlich des Kivu-Sees und südlich der Rwindi-Rutshuru-Ebene ist gekennzeichnet durch die Virunga Vulkane. Die Karte der Epizentren zeigt diese Zone als nahezu frei von Erdbeben mit Magnituden $M \geq 3$. Nur in der nahen Umgebung der östlichsten dieser etwa E-W streichenden Kette befinden sich Epizentren. Dieser Befund deckt sich in etwa mit den Ergebnissen von DE BREMAECKER, der ebenfalls die Umgebung der aktiven Vulkane als "fast frei" von Erdbeben bezeichnet hat. Ein etwas, wenn auch nicht wesentlich anderes Bild von der seismischen Aktivität des Virunga Vulkangebietes erhält man, wenn Erdbeben mit Magnituden von $M < 3$ mitberücksichtigt werden. Unter Mitverwendung der Epizentrenkarte von DE BREMAECKER, die für die Jahre 1956 bis 1958 auch Beben mit Magnituden zwischen $M = 2$ und $M = 3$ berücksichtigt, konnte die in Abb. 17 gezeigte Karte angefertigt werden. Ganz deutlich tritt hier eine Anhäufung der Beben mit Magnituden $2 \leq M < 3$ hervor, etwa zusammenfallend mit den östlichsten Vulkanen der Virunga-Kette. Es bleibt aber die bemerkenswert bebenfreie Zone um die aktiven Vulkane Nyiragongo und Nyamuragira.

Eine Erklärung für diese bebenfreie Zone könnte die Betrachtung seismischer Ereignisse bringen, die an den I.R.S.A.C.-Stationen aufgezeichnet werden und die bisher nicht genügend gewürdigt wurden. Tatsächlich zeigen diese Bebenereignisse von der Norm tektonischer Beben stark abweichende Seismogramme.

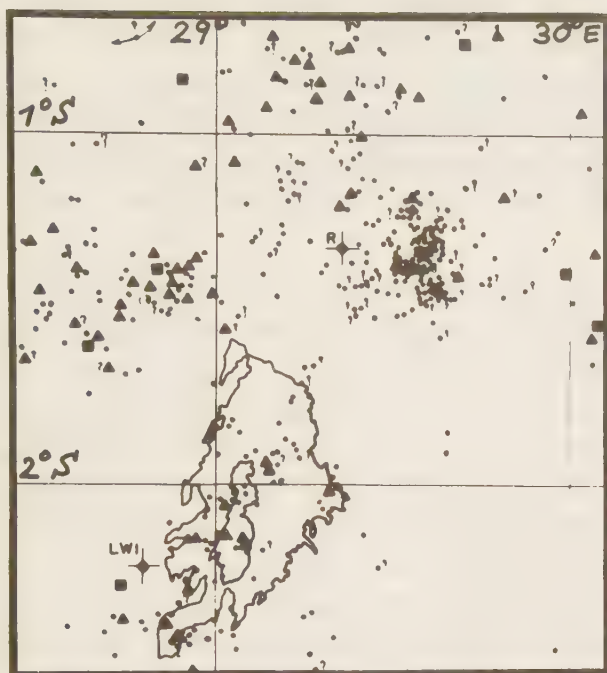


Abb. 17: Epizentrenkarte der Virunga Vulkanzone unter Mitverwendung der Epizentrenkarte von DE BREMAECKER und der Berücksichtigung von Beben mit Magnituden $2 \leq M < 3$ (1956-1958).

Das Seismogramm eines tektonischen Bebens der westlichen Grabenzone, in einer Herddistanz von etwa 100 km ist meist scharf gegliedert (Abb. 9). Dem P-Einsatz folgt mit kleiner Amplitude die Aufzeichnung der abklingenden P-Welle. Nach etwa 12 sec. überlagert sich der abklingenden P-Welle mit deutlich größerer Amplitude eine S-Welle, die dann mit unterschiedlicher Deutlichkeit in die Oberflächenwellen mit dem Maximum der Bodenbewegung übergeht.

Einen ganz anderen Aufbau zeigt dagegen das Seismogramm jenes bisher wenig beachteten Bebenereignisses (Abb. 18). Ohne deutlichen P-Einsatz wächst die Amplitude nahezu kontinuierlich

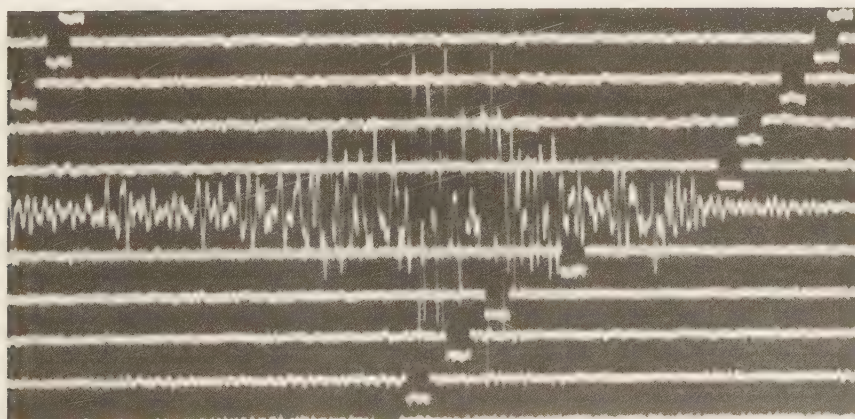


Abb. 18: Seismogramm des vulkanischen Bebens vom 15.8.63, 16.30 GMT an der Station Lwiro. Aufgezeichnet von einem BENIOFF Vertikal-seismographen ($T_0 = 1.0$ sec, $T_g = 0.25$ sec). Aufgezeichnet von links nach rechts, Minutenmarken sichtbar.

bis zu einem Maximalwert an. Eine Unterteilung ist kaum möglich, Einsätze der S-Welle treten nicht klar heraus. Das ganze Ereignis dauert selten länger als eine Minute. Seine Magnitude überschreitet kaum den Wert $M = 2.0$. Das Frequenzspektrum des Seismogramms ist deutlich gegen die längeren Perioden hin verschoben. Während bei tektonischen Beben, die an der Station Lwiro in etwa 100 km Epizentralentfernung registriert werden, selten Perioden von mehr als einer Sekunde zu beobachten sind, zeigt das in Abb. 18 gezeigte Seismogramm Perioden bis zu 5 sec.

ED.BERG und T.JANSSEN, 1960, zeigten bei Untersuchungen der Erdbebenstätigkeit vor und während der Vulkaneruption des Kitzimbanyi 1958, eines Nebenkraters des Nyamuragiras, ähnliche Seismogramme. Sie stellen klar den Unterschied in den Seismogrammen der tektonischen und der vulkanischen Beben dieser Region und deren Frequenzspektren heraus. Ihre Untersuchungen beschränken sich allerdings auf die Zeit unmittelbar vor dem Vulkanausbruch. Diese Ereignisse sind jedoch nicht nur Begleiter einer Vulkaneruption, sondern werden fast täglich mit wechselnder Häufigkeit - im Jahre 1965 waren es etwa 2-10 Beben täglich - an der Erdbebenstation Lwiro aufgezeichnet. Das in Abb. 18 gezeigte Ereignis wurde am 15.8.1963 registriert. Es konnte mit Hilfe der Aufzeichnungen der Stationen Lwiro, Astrida und Uvira lokalisiert werden. Das Epizentrum lag etwa $1^{\circ}50' S$, $19^{\circ}15' E$, und damit 8 km E des Vulkans Nyiragongo. In der Folge konnten noch einige dieser Beben lokalisiert werden. Ihre Epizentren lagen ohne Ausnahme in der bebenfreien Zone der aktiven Virunga Vulkane. Allem Anschein nach werden in dieser Zone nur sehr geringe (wenn überhaupt) Spannungen in der Erdkruste aufgebaut. Dieser Schluß könnte darauf hinweisen, daß (1) die Magmenherde der aktiven Vulkane in der gleichen Tiefe liegen, in der sich ohne den Vulkanismus die Herde tektonischer Beben befinden würden, und daß (2) die Magmenherde, da sie einer Deformation kaum Widerstand leisten dürften, die Bildung erheblicher Spannungen in der Erdkruste dieser Zone nicht zulassen, so daß keine stärkeren Erdbeben auftreten können.

VIII.2.2. DAS RUWENZORIBEBEN VOM 20. MÄRZ 1966

Außerhalb des Beobachtungszeitraumes von 1956 bis 1963, der den Auswertungen zu den Epizentrenkarten zugrunde gelegt wurde, fand am 20. März 1966 um 01h-42 m-44.2 s an der Grenze zwischen der Republik Congo und Uganda, im Ruwenzori-Semliki-Gebiet ein Erdbeben statt, das die bereits betonte seismische Aktivität dieser Region unterstreicht. Für dieses Beben wurde an der Station Lwiro eine Magnitude von $M = 6.7 - 7.0$ (AAE 6.8, PAS 6.7 - 7.0, BRK 6.4 - 6.6, PAL 7.0 - 7.2, BCIS 7.0 - 7.25, USCGS 6.7) ermittelt, etwa 150 Menschen fanden den Tod. Gemeinsam mit I.S.LOUPEKINE, der im wesentlichen die makroseismischen Untersuchungen in Uganda durchführte, und T.JANSSEN, der mit dem Verfasser die Auswertungen der instrumentellen Aufzeichnungen der Stationen Lwiro, Astrida, Delcomune und Nairobi vornahm, wurde dieses Beben auf Wunsch der UNESCO einer ausführlichen Bearbeitung unterzogen. Als ein wichtiges Ergebnis dieser Untersuchungen muß die sehr gute Übereinstimmung der makroseismisch und der instrumentell bestimmten Lage des Epizentrums des Hauptschocks angesehen werden (Abb.19) Es wird herausgestellt, daß das Epizentrum des Hauptschocks an der Westflanke

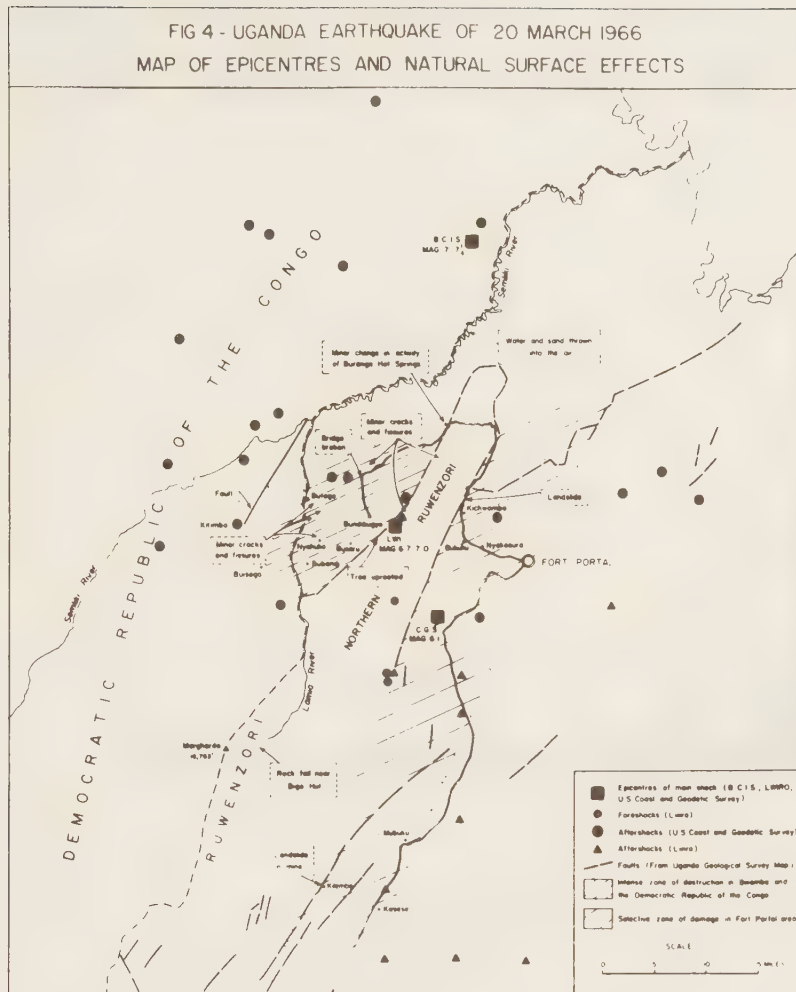


Abb. 19: Lage der Epizentren und der Hauptzerstörungsgebiete der Erdbeben-Serie vom 20.3.66, nach LOUPEKINE, aus: UNESCO Reconnaissance Mission, LOUPEKINE und WOHLBERG, JANSSEN, 1966

des nördlichen Ruwenzori-Gebirges liegt, während, bis auf eins, die Epizentren der Vor- und Nachbeben - soweit bisher ausgewertet - an der Ostflanke in N-S-Richtung verteilt liegen. (Diese Angaben beziehen sich immer auf die Auswertungen von Lwiro. Die Berechnungen von USCGS und BCIS ergeben ein etwas anderes Bild.)

Dieses Beben, eines der stärksten bisher in diesem Gebiet Ostafrikas beobachteten seismischen Ereignisse, gab die Möglichkeit, erstmals für das Ruwenzori-Gebiet den zeitlichen und energetischen Ablauf der Nachbeben zu studieren. Bis zum 20.9.1966, also bei etwa 4200 Stunden nach dem Hauptbeben vom 20.3.66, wurden an der Station Lwiro 971 Nachbeben mit Magnituden $M \geq 3$ aus dem Ruwen-

zori-Gebiet registriert: 2 Beben mit Magnituden von $6.0 \leq M \leq 7.0$, 16 Beben mit $5.0 \leq M < 6.0$, 116 Beben mit $4.0 \leq M < 5.0$ und ca. 837 Beben mit $3.0 \leq M < 4.0$. Hinzu kommen etwa 30 Vorbeben in der Zeit vom 15.3. bis 19.3.66, davon 4 Beben mit Magnituden $4.0 \leq M \leq 5.0$. Der zeitliche Ablauf der Ereignisse ist der Abb. 20 als $N = N(t)$ zu entnehmen. N bedeutet hier die Zahl der täglichen Beben. Deutlich sind drei Bebenserien zu erkennen, wobei die jeweils aufeinanderfolgenden Serien-Maxima kleiner werden.

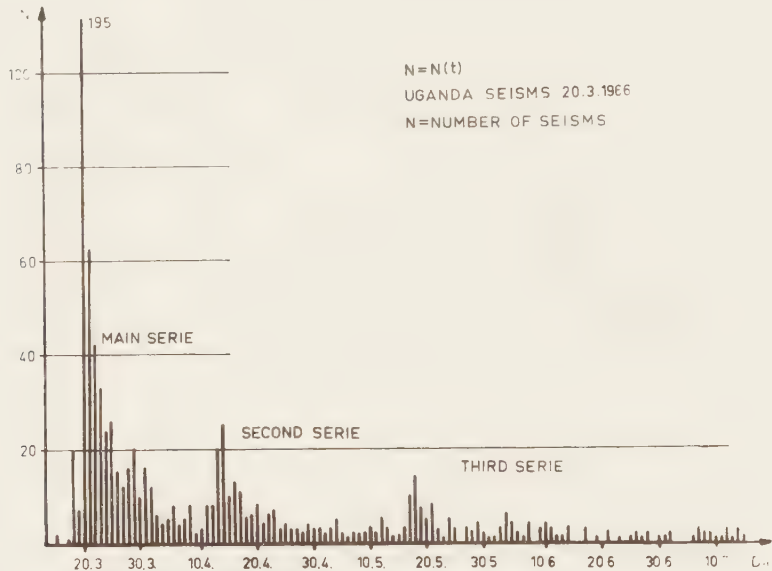


Abb. 20: Zahl der täglichen Nachbeben vom 15.3.-15.7.66 nach WOHLBERG, 1966

BENIOFF erklärte das Auftreten von Nachbeben als einen Vorgang, bei dem die in der Erdkruste aufgestauten Spannungen im Epizentralgebiet abgebaut würden. Hierbei wird der Hauptschock als Auslösemechanismus (Initial Schock) angesehen. BENIOFF findet, daß die in den Nachbeben frei werdende Energiesumme in guter Näherung nach einem logarithmischen Zeitgesetz zunimmt:

$$\sum E = n + m \log t$$

Nimmt man einen linearen Zusammenhang zwischen der Spannung J und der Quadratwurzel aus der Energie E an

$$J \sim \sqrt{E}$$

dann gibt die Beziehung

$$\sum (E^{1/2}) = a + b \log t$$

einen brauchbaren Ausdruck für den Spannungsabbau (strain release) im Herdgebiet. Abb. 21 zeigt den Verlauf dieses Spannungsabbaus für die ersten 4000 Stunden nach dem Initialschock vom 20.3.66 unter Verwendung der Beziehung

$$\log E = 12 + 1.8 M$$

zur Umrechnung der Magnitude in die Energie (s. Abschn. VI.3.). Es wurden nur Beben mit Magnituden $M \geq 4.0$ verwendet, wobei folgende Vereinfachung gemacht wurde:

$M = 4.3$	steht für	$4.0 \leq M \leq 4.5$
$M = 4.8$	steht für	$4.6 \leq M \leq 5.0$
$M = 5.3$	steht für	$5.1 \leq M \leq 5.5$
$M = 5.8$	steht für	$5.6 \leq M \leq 6.0$

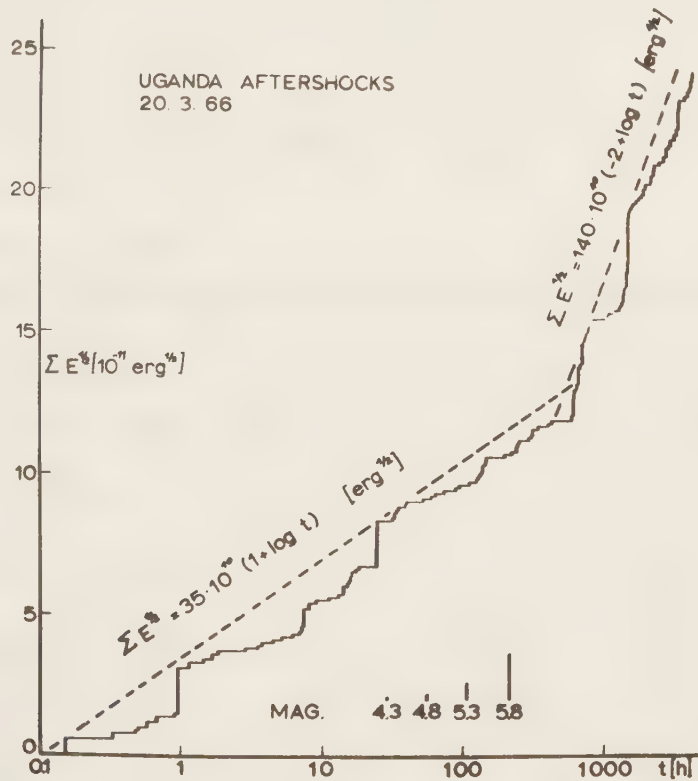


Abb. 21: Spannungsabbau nach BENIOFF für die Nachbeben des Ruwenzori-Bebens vom 20.3.1966 in einfach-log Darstellung. Erweitertes Diagramm von WOHLBERG, 1966

Bis etwa 600 Stunden nach dem Initialschokk erfolgt der Spannungsabbau der Beziehung

$$\sum (E^{1/2}) = 35 \cdot 10^{10} (1 + \log t) \quad [\text{erg}^{1/2}]$$

Ab 600 bis 4000 Stunden nach dem Initialschokk folgt der Abbau in etwa nach

$$\sum (E^{1/2}) \approx 150 \cdot 10^{10} (-2 + \log t) \quad [\text{erg}^{1/2}].$$

VIII.3. TEILGEBIET 2: MASSISI, WASONGOLA, KIVU-SEE

VIII.3.1. EPIZENTRENKARTE

Das Teilgebiet 2 umfaßt den zentralen Teil des westlichen Grabensystems und insbesondere das Gebiet zwischen dem zentralen westlichen Graben und dem Congo Fluß (Abb. 22). Im Gegensatz zum Teilgebiet 1 treten hier mindestens zwei erdbebenreiche Zonen auf, die nicht an die tektonischen Linien der Gräben gebunden sind. Zur Herstellung dieser Karte wurden wiederum Daten von DE BREMAECKER (1956-1958) mitverwendet, so daß für den Zeitraum von 1956 bis 1963 vollständiges Material vorliegt. Nur Erdbeben mit Magnituden von $M \geq 3$ wurden berücksichtigt. Unvollständige Daten von 1954 und 1955 wurden ebenfalls benutzt, sowie zwei Beben mit Magnituden $M \geq 5$, die vor diesem Zeitraum beobachtet wurden (11.9.46, $M = 5.7$, Wasongola und 17.10.53, $M = 5.0$, Gweshe; DE BREMAECKER 1959) (Die Angaben über die Herddaten s. Anhang).

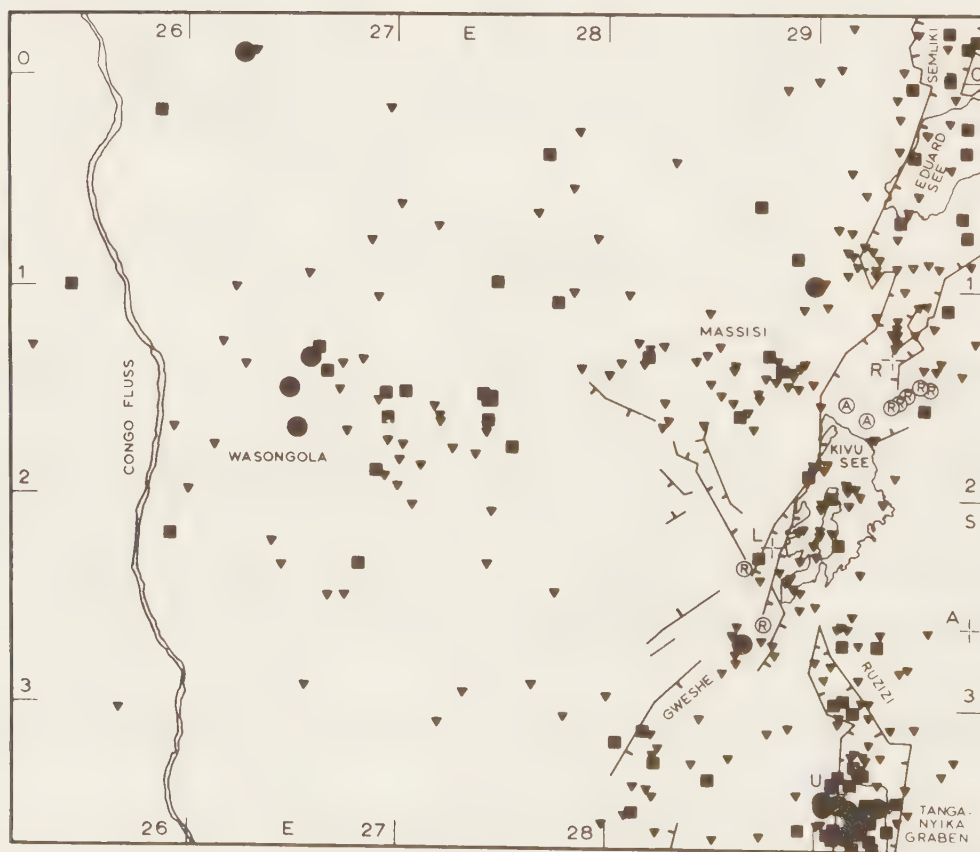


Abb. 22: Epizentrenkarte des Teilgebietes 2
(Legende s. Abb. 16)

Nach einem bereits von DE BREMAECKER gemachten Vorschlag, können im Teilgebiet 2 die folgenden seismischen Zonen unterschieden werden: (1) das Massisi Gebiet, (2) das Wasongola Gebiet und (3) das Kivu-See Gebiet.

VIII.3.1.1. DAS MASSISI GEBIET

Westlich an die Zone der Virunga Vulkane schließt sich mit dem Massisi Gebiet eine Erdbebenzone an, die nicht an oberflächlich sichtbare tektonische Strukturen gebunden ist. Das Gebiet ist scharf begrenzt durch erdbebenfreie Zonen im Süden, Osten, Norden und eventuell auch im Westen. Ein Zusammenhang wäre denkbar mit der SW des Eduard-See gelegenen Erdbebenzone.

M.ROBERT, 1946, stellte nach Angaben von G.PASSAU, 1933, eine Karte der im Ostkongo bekannten Thermalquellen her. Diese Karte läßt besonders für die Erdbebenzone des Massisi eine starke Anhäufung von Thermalquellen erkennen, deren geographische Anordnung eher einen Zusammenhang dieses Gebietes mit dem südlichen Kivu-See Gebiet und der Ruzzizi-Ebene vermuten läßt.

Die Seismizität der Massisi Zone ist mäßig, allem Anschein nach auch lokal eng begrenzt. Im Beobachtungszeitraum wurden keine Beben mit Magnituden $M \geq 5.0$ aufgezeichnet.

VIII.3.1.2. DAS WASONGOLA GEBIET

Über einen bebenfreien Korridor von etwa 80 km Breite schließt sich nach Westen an die Massisi Zone das Erdbebengebiet von Wasongola an. DE BREMAECKER nannte dieses Gebiet "transversale Zone" und deutet damit seine Vermutung an, daß hier eine nahezu E-W laufende Schwächezone, bestehend etwa aus dem Wasongola- und Massisi-Gebiet, verläuft. Im Schnittpunkt dieser E-W Struktur mit der NS-SW laufenden Hauptgrabenrichtung befindet sich das Virunga Vulkangebiet. Störend an diesen Überlegungen ist die Annahme einer E-W Richtung, deren Auftreten bisher nicht bestätigt werden konnte. Eine zweite Lösung für diese, durch keinerlei oberflächennahe tektonische Strukturen gekennzeichneten Erdbebenzone bietet die Annahme einer ausgedehnten NE-SW gerichteten Erdbebenzone, wie sie durch die Anordnung der Epizentren in Abb. 22 angedeutet wird (s.u.). Hydrothermale Quellen, wie sie im Massisi Gebiet auftraten, sind im Wasongola Gebiet seltener und zeigen in ihrer geographischen Anordnung etwa eine E-W Richtung.

Die Seismizität des Gebietes ist deutlich stärker als die des Massisi Gebietes, jedoch schwächer als die der Ruwenzori-Semliki Zone. Seit 1957 fanden keine Beben mit Magnitude $M \geq 5.0$ statt. Die Mehrzahl der Epizentren liegt in einem etwa $10\,000\text{ km}^2$ großen Gebiet. Um diese zentrale Bebenzone zieht sich ein Bereich, in dem im wesentlichen Beben mit Magnituden $3 \leq M < 4$ in geringer Zahl auftreten.

Nordwestlich der Wasongola Zone wurden 5 Beben lokalisiert, davon eines mit $M \geq 5.0$, die bisher keiner Bebenzone zuzuordnen waren.

VIII.3.1.3. DER KIVU-SEE

Südlich an das Virunga Vulkangebiet schließt sich die Erdbebenzone des Kivu-Sees an. Das Kivu-See Gebiet besitzt keinen ausgeprägten Grabencharakter. Nur an seiner Westseite befinden sich, - hier allerdings starke -, Abbrüche. Etwa südlich Iwiro (L) bis südwestlich Bukavu, am Süden des Kivu-Sees gelegen, befindet sich eine inaktive Vulkanebene. Die Epizentren des Kivu-See Gebietes liegen auf oder nur wenig östlich der das Westufer des Sees bildenden Strukturen. Sowohl westlich als auch östlich des Kivu-Sees schließen sich ausgeprägte bebenfreie Zonen an. Diese bebenfreien Zonen, so vermutete ED.BERG, seien Anzeichen isolierter "stabiler Blöcke" (stable blocs) inmitten erdbebenaktiver Gebiete. (Als dritten stabilen Block sah BERG ein Gebiet westlich Uvira (U) an.) Nach dem augenblicklichen Stand der Untersuchungen - nach Auswertung des Materials von 1956 bis 1963 - bleibt westlich des Kivu-Sees eine isolierte bebenfreie Zone erhalten. Auch Beben mit Magnituden $2 \leq M < 3$ konnten dort nicht lokalisiert werden. Diese Beobachtung ist umso erstaunlicher, da sich durch dieses Gebiet eine Störungszone NW-SE zieht, an deren SE-Ende erloschene Vulkane liegen, und entlang der hydrothermale Quellen sehr zahlreich auftreten. Der westlich des Kivu-Sees gelegene "stabile Block" (ED.BERG) gehört bereits zu dem zwischen dem westlichen und dem östlichen Grabenbruch (Great Rift Valley) gelegenen bebenarmen Hochplateau (Abb. 34). Es handelt sich also hier nicht um eine isolierte bebenfreie Zone. (In der dritten bebenfreien Zone, westlich Uvira, wurden in der Zeit von 1958 bis 1963 zahlreiche Epizentren lokalisiert.)

Die Bebenzone des Kivu-Sees läßt sich nach SW etwa 100 km verlängern. Auch hier, im Gweshe Gebiet, sind die Epizentren gut mit den tektonischen Linien korrelierbar.

Die Seismizität dieses Gebietes ist gering und vergleichbar der des Massisi Gebietes: Beben mit Magnituden $M \geq 5.0$ sind sehr selten - einziges Beben nach DE BREMAECKER am 17.10.53 mit $M = 5.0$ -, und zwischen 1958 und 1963 fanden nur drei Beben mit Magnituden zwischen $4.0 \leq M < 5.0$ statt.

Außerhalb der Untersuchungsperiode 1956 bis 1963 fand am 25.4.1965 um 10h-01m-10s GMT ein Beben mit der Magnitude $M = 4.4$, mit dem Epizentrum etwa 10 km östlich Bukavu ($2^{\circ}5$ S, $29^{\circ}0$ E), und einer Epizentraldistanz von 35 km zur Station Iwiro statt. Diesem Beben folgten bis zum 2.6.1965, d.h. ca. 920 Stunden nach dem Initialschok, 39 Nachbeben mit Magnituden $2.0 \leq M < 4.0$. Die Abb. 23 zeigt ein typisches Seismogramm dieser Bebenserie, registriert mit einem langperiodischen BENIOFF Vertikalseismographen (X) an der Station Iwiro.

Unter Verwendung der gleichen Beziehungen wie für die Untersuchungen der Ruwenzori-Nachbeben, ergibt sich für den Spannungsabbau (strain release) der Bukavu Nachbeben der in Abb. 24 gezeigte Verlauf. Für die Summe der abgebauten Spannungen als Funktion der Zeit ergibt sich:

$$\sum (E^{1/2}) = 6.5 \cdot 10^9 + 4.0 \cdot 10^9 \log t$$

(t in h, E in $\text{erg}^{1/2}$)

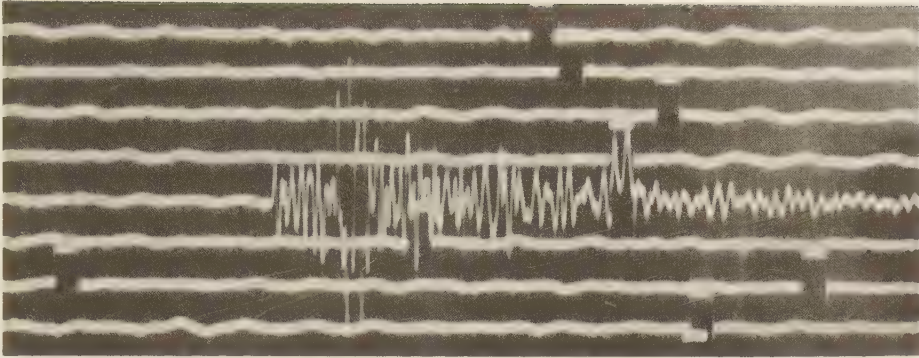


Abb. 23: Seismogramm eines typischen Bukavu Nachbebens, 25.4.65, aufgezeichnet von einem BENIOFF lang-periodischen Vertikalseismographen (X) ($T_0 = 1.0 \text{ sec}$, $T_g = 25 \text{ sec.}$)

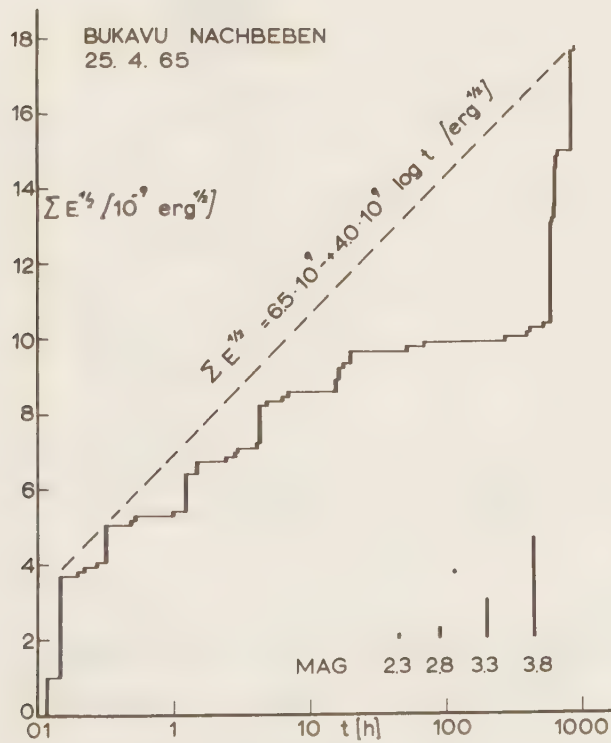


Abb. 24: Spannungsabbau der Bukavu Nachbeben vom 25.4.1965

VIII.4. TEILGEBIET 3: RUZIZI EBENE, UVIRA-BUJUMBURA, MALAGARASI,
TANGANYIKA GRABEN, LUAMA EBENE

VIII.4.1. EPIZENTRENKARTE

Das Teilgebiet 3 umfaßt die Nordhälfte des Tanganyika-Sees und kann in drei Zonen untergliedert werden (Abb. 25): (1) die Ruzizi-Ebene und die Uvira-Bujumbura-Zone, (2) das Malagarasi Gebiet und (3) in den oberen Tanganyika Graben und die Luama Ebene. Der Epizentrenkarte liegt ebenfalls vollständiges Material für die Zeit von 1956 bis 1963 zugrunde sowie Teilauswertungen für 1954 und 1955. Ein Beben im Malagarasi Gebiet fand nach DE BREMAECKER am 31.1.52 mit einer Magnitude $M = 6.2$ statt und wurde mitberücksichtigt.

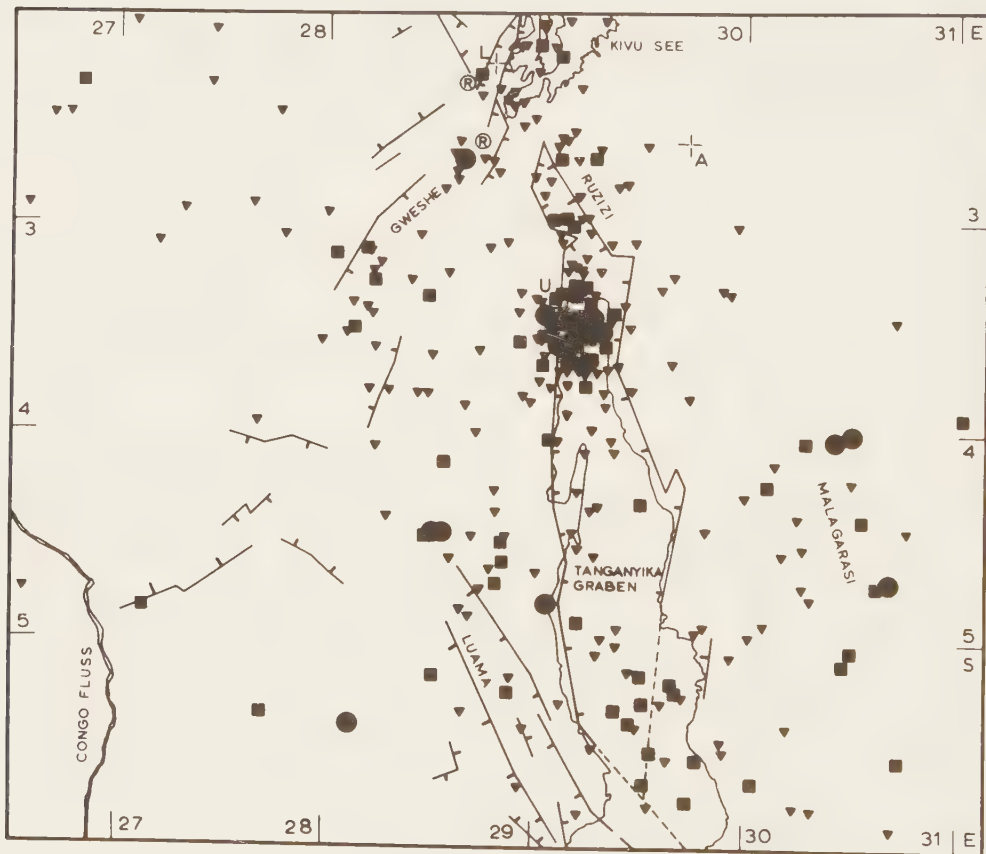


Abb. 25: Epizentrenkarte des Teilgebietes 3
(Legende s. Abb. 16)
L = Lwiro, U = Uvira, A = Astrida

VIII.4.1.1. DIE RUZIZI EBENE UND DAS UVIRA-BUJUMBURA GEBIET

Südlich des Kivu-Sees befindet sich mit der Uvira-Bujumbura Zone ein Gebiet mit - nicht nur für ostafrikanische Verhältnisse - starker seismischer Aktivität. Bereits die makroseismischen Untersuchungen von P.HERRINCK, 1959, die für die Zeit von 1909 bis 1954 im Congo durchgeführt worden waren (Abb. 6), lassen klar die hohe Seismizität dieses Gebietes erkennen. DE BREMAECKER schließt aus seinen Beobachtungen (1956-58): "This area is one of the most active at present and one in which minor damage is frequent." - Diese hohe seismische Aktivität wurde auch im Beobachtungszeitraum von 1958 bis 1963 bestätigt. Die den Jahresberichten der Seismologischen Stationen des I.R.S.A.C. angefügten Epizentrenkarten (WOHLENBERG, JANSSEN, 1964, 1965, 1966) zeigen beständig eine Anhäufung von Epizentren im Uvira-Bujumbura Gebiet. Die Zahl der in die Epizentrenkarte für das Teilgebiet 3 eingetragenen Epizentren ist daher für diese Zone der Übersicht wegen nicht vollständig. Bemerkenswert ist die sehr scharfe Begrenzung dieser Erdbebenzone auf nur etwa 2500 km^2 . Erdbeben mit Magnituden $4.0 \leq M < 5.0$ sind häufig, mit Magnituden $5.0 \leq M < 6.0$, ja vereinzelt mit $6.0 \leq M < 7.0$ sind bekannt. Die Erdbebenstätigkeit in der Uvira-Bujumbura Zone ist die stärkste, die im Beobachtungszeitraum von 1958 bis 1963 im gesamten Untersuchungsgebiet Ostafrikas festgestellt wurde. Demgegenüber ist die Erdbebenstätigkeit in der unmittelbar im Norden anschließenden Ruzizi-Ebene gering und vergleichbar der des Kivu-See Gebietes.

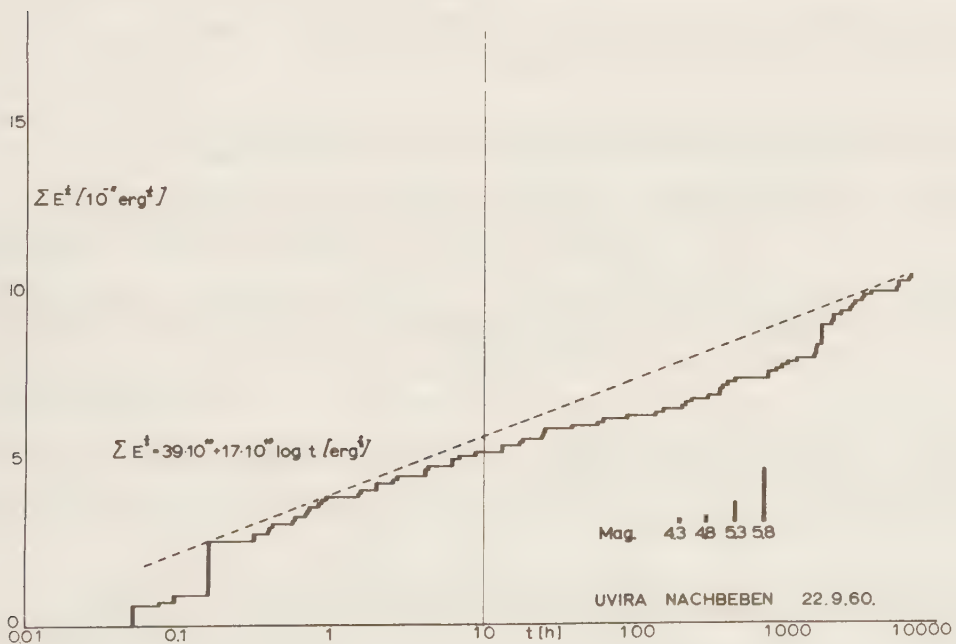


Abb. 26: Spannungsabbau der Nachbeben vom Uvirabebe vom 22.9.1960

Am 22. September 1960, nach zwei Vorbeben, um 05h-38m-12s GMT mit einer Magnitude $M > 5.6$ und um 08h-46m-02s GMT mit $M = 4.9$, fand um 09h-05m-34s GMT in unmittelbarer Nähe der Erdbebenstation Uvira ($3^{\circ}5' S$, $29^{\circ}2' E$) ein Beben mit der Magnitude $M = 6.3 - 6.5$ (LWI) statt. Diesem Beben folgten bis zum 27.6.61, also bis etwa 6650 Stunden nach dem Initialschock, vier Beben mit Magnituden $5.0 \leq M < 6.0$ und 64 Beben mit Magnituden $4.0 \leq M < 5.0$. Dieses Beben zerstörte Ziegelbauten in Uvira, Asphaltstraßen wurden aufgerissen. Fischer berichteten von einem Tsunami (Flutwelle) auf dem Tanganyika-See. Wegen der damaligen politischen Situation (Unabhängigkeit des Congo) konnten makroseismische Untersuchungen praktisch nur im Hauptschadensgebiet des Bebens durchgeführt werden (JANSSEN), während man für größere Entfernungen auf Berichte angewiesen war. In Uvira wurde das Beben mit der maximalen Intensität ($I_0 = VIII$) verspürt. Die Abb. 26 zeigt den Spannungsabbau der Nachbeben des Initialschocks vom 22.9.1960. Für die Summe der abgebauten Spannung folgt:

$$\sum (E^{1/2}) = 39 \cdot 10^{10} + 17 \cdot 10^{10} \log t$$

wobei t in Stunden und $(E^{1/2})$ in $\text{erg}^{1/2}$ zu messen sind.

VIII.4.1.2. DAS MALAGARASI GEBIET

Dieses, bereits von DE BREMAECKER als "Southern Urundi border" bezeichnete Erdbebengebiet, liegt etwa 100 SE der Uvira-Bujumbura Zone. DE BREMAECKER interpretierte aus der Anordnung der Epizentren eine NE-SW auf den Tanganyika-See zulaufende Störungszone. Die Zahl der hier lokalisierten Epizentren hat sich seitdem etwa verdoppelt und eine Vorzugsrichtung in der geographischen Anordnung läßt sich nicht mehr erkennen. Die Epizentren sind nicht an vorhandene tektonische Linien gebunden. Sie liegen nicht eng beieinander, sondern sind über ein weites Areal verstreut. Die Seismizität ist mittelmäßig, etwa vergleichbar der Wasongola Zone. Zwischen 1958 und 1963 fanden ein Beben mit $M \geq 5.0$ und fünf Beben mit $4 \leq M < 5$ statt.

VIII.4.1.3. DER OBERE TANGANYIKA GRABEN UND DIE LUAMA EBENE

Südlich an die Uvira-Bujumbura Zone schließt sich ein bebenarmes Gebiet an. Erst etwa $5^{\circ}S$ und $29^{\circ}-30^{\circ}E$ erstreckt sich eine NW-SE gerichtete Bebenzone. Die geographische Anordnung der Epizentren läßt erkennen, daß sowohl die Strukturen des Tanganyika Grabens, als auch die Abbrüche zur Luama Ebene in Bewegung sind. Die Seismizität dieser Zone ist mittelmäßig. Von 1958 bis 1963 wurden zwei Beben mit $5.0 \leq M < 6.0$ und 15 Beben mit $4.0 \leq M < 5.0$ lokalisiert. Bemerkenswert ist die seismische Inaktivität einer SW von Uvira (U) zwischen dem Tanganyika-See und dem Congo-Fluß gelegenen Störungszone. Nur zwei Epizentren konnten hier lokalisiert werden.

VIII.5. DIE HERDTIEFE DER ERDBEBEN IN DEN TEILGEBIETEN 1, 2 UND 3

Die bisherigen Betrachtungen beschränkten sich auf die Lage der Epizentren, Angaben über die Herdtiefe wurden nicht gemacht. Aber gerade zur Beurteilung der Bewegungs- und Bildungsvorgänge in den Grabenzonen kann eine genaue Kenntnis der Tiefenlage, in der sich diese Mechanismen abspielen von entscheidender Be-

deutung sein.

Makroseismische Untersuchungen lassen zur Beurteilung der Herdtiefe nur qualitative Angaben zu: Liegen die Isoleisten in geringem Abstand zueinander um das Gebiet maximaler Intensität I_0 herum, so ist ein oberflächennaher Herd anzunehmen. Sind dagegen die Isoleisten in großem Abstand zueinander und vorwiegend kreisförmig angeordnet, so sind tieferliegende Herde wahrscheinlich. Der Verlauf der Isoleisten aller bisher in den Teilgebieten 1, 2 und 3 makroseismisch bearbeiteten Beben deuten auf eine oberflächennahe Herdlage hin.

Die Bestimmung der Herdtiefe aus Registrierungen kann nach der bereits oben beschriebenen Methode erfolgen. Es ist jedoch leicht einzusehen (Abb. 10), daß diese Methode sehr empfindlich gegenüber fehlerhaft ermittelten Distanzen des Epizentrums ist: kleine Änderungen in der Herddistanz beeinflussen die Lage des Epizentrums kaum, die Lage des Bebenherdes (Hypozentrum) jedoch erheblich. Unter der Annahme, daß das Krustenmodell und die Geschwindigkeiten von JEFFREYS und BULLEN in den Teilgebieten dem wahren Sachverhalt sehr nahe kommen, was die Untersuchungen in Abschnitt V.1. und Abschnitt V.2. bestätigen, wurden 73 Beben auf die Herdtiefe hin untersucht. Die Auswahl der Beben erfolgte nach folgenden Gesichtspunkten: (1) das Beben mußte möglichst an allen I.R.S.A.C.-Stationen registriert worden sein, (2) die Einsätze der P- und S-Phasen sollten eindeutig bestimmbar sein und (3) sollte zu mindestens einer Station die Epizentraldistanz 100 km nicht überschreiten. Alle untersuchten Beben hatten Magnituden $M \geq 2.0$ (Daten s. Anhang).

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen können wie folgt zusammengefaßt werden: (1) bis auf drei Ausnahmen lag kein Bebenherd tiefer als 50 km. Die drei Ausnahmen liegen südlich der Uvira-Bujumbura Zone in einem bebenarmen Gebiet. Ihre ermittelten Herdtiefen von 55, 55 und 75 km sind unsicher!

(2) Drei Gebiete lassen sich unterscheiden, die einen deutlichen Unterschied in der gemittelten Herdtiefe aufweisen: (a) Das Gebiet der Massisi Zone und die Region der östlichen Virunga Vulkane, mit einer aus 24 Daten gemittelten Herdtiefe von 26.5 km. (b) Das Gebiet des Kivu-Sees mit einer gemittelten Herdtiefe von 11.5 km bei 34 untersuchten Beben. (c) Die Uvira-Bujumbura Zone mit einer gemittelten Herdtiefe von 26.3 km bei 10 Beben.

VIII.6. TEILGEBIET 4: SÜDLICHER TANGANYIKA GRABEN, RUKWA GRABEN, NÖRDLICHER NYASSA GRABEN, UPEMBA GRABEN, MOERO SEE

VIII.6.1. EPIZENTRENKARTE

Im Gegensatz zu den Teilgebieten 1, 2 und 3 wurden bisher für die Teilgebiete 4 und 5 keine Nahbebenuntersuchungen durchgeführt. - Bei Epizentralentfernungen zwischen 500 und 800 km zur Station Lwiro nimmt die Zahl der lokalisierbaren Beben stark ab. Epizentren von Beben mit Magnituden $3.0 \leq M < 4.0$ können nur noch vereinzelt, Beben mit $4.0 \leq M < 5.0$ nur zu etwa 60 % lokalisiert werden. Diese Tatsache muß bei der Beurteilung der seismischen Aktivität dieser Teilgebiete berücksichtigt werden: Zonen, in denen keine Epizentren lokalisiert werden konnten, müssen nicht bebenfrei sein. Man kann aber sagen, daß diese Zonen arm an Erdbeben mit $M > 4.0$ sind.

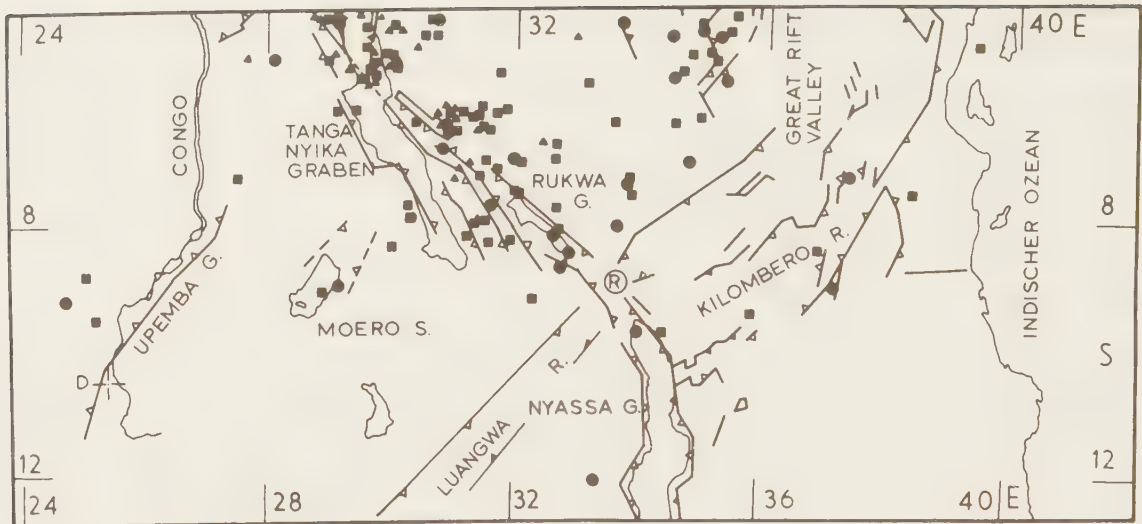


Abb. 27: Epizentrenkarte des Teilgebietes 4
(Legende s. Abb. 16)

Der Epizentrenkarte für das Teilgebiet 4 liegt Material von 1958 bis 1963 zugrunde. Die Auswertung von 1963 erfolgte von E.SCHMEDES und T.JANSSSEN (1966/67). Folgende seismisch aktive Zonen können unterschieden werden: (a) der südliche Tanganjika Graben, der Rukwa Graben und der nördliche Nyassa Graben, und (b) der Upemba Graben und das Moero-See Gebiet (Abb. 27).

VIII.6.1.1. SÜDLICHER TANGANYIKA GRABEN, RUKWA GRABEN, NYASSA GRABEN

Aus makroseismischen Beobachtungen für das Teilgebiet 4 schloß A.J.KING, 1956, daß 68 % aller in Tanzania gefühlten Erdbeben in den Gebieten des Rukwa Grabens und des nördlichen Nyassa-Sees stattfanden, einer Zone also, die auch bereits von SIEBERG und KRENKEL als erdbebenreich erkannt worden ist (Abb. 28). KING stellte weiter fest, daß im Nyassa-Rukwa Gebiet etwa 27 Beben jährlich gefühlt werden und daß Intensitäten von mehr als dem Grade V nur ganz selten auftreten und der Intensitätsgrad VII nie beobachtet wurde. Dieser Befund wird in etwa durch die geographische Verteilung der Epizentren in der Epizentrenkarte des Teilgebietes 4 bestätigt. Die Ostflanke des südlichen Tanganjika Grabens und der Rukwa Graben heben sich deutlich als ein Gebiet erhöhter seismischer Aktivität heraus. Zwischen 1958 und 1963 konnten hier etwa 7 Beben mit $M \geq 5.0$ (im einzelnen siehe die Daten der Epizentren im Anhang) und 27 Beben mit $4.0 \leq M < 5.0$ lokalisiert werden. Hinzu kommt eine unbedeutende Zahl von Beben mit $M < 4.0$. Der Nordteil des Nyassagrabens, der sich südlich an den Rukwa-Graben und den Vulkanismus von Rungwe anschließt, hat bereits Epizentralentfernungen von 1000 und 1250 km. Nur noch vereinzelt konnten hier Epizentren lokalisiert werden. Die Beobachtungen reichen nur zu der Feststellung, daß dieser Grabenteil seismisch aktiv ist. Eine quantitative Aussage zur Seismizität dieses Gebietes ist alleine aus Aufzeichnungen der I.R.S.A.C.-Stationen Iwiro, Astrida,



Abb. 28: Seismizität und Schwereverteilung nach SIEBERG und KRENKEL, 1923

Uvira, Rumangabo und Delcomune nicht möglich. Es ist vorgesehen, in Zusammenarbeit der I.R.S.A.C. und der U.M.H.K. im Katanga ein Netz von Nahbebenstationen zu errichten. Diese Bemühungen sind soweit gediehen, daß heute neben der Station Delcomune (D) auch die Station Lubudi (Abb. 7) den Registrierbetrieb aufgenommen hat (SCHMEDES, mündliche Mitteilung 1967).

VIII.6.1.2. DER UPEMBA GRABEN UND DAS MOERO-SEE GEBIET

Zwei voneinander separate Strukturen, der Upemba Graben und das Moero-See Gebiet, erstrecken sich südwestlich des Tanganyika Grabens. Beide Bebengebiete nehmen eine Sonderstellung ein: (1) Für beide Strukturen ist der Zusammenhang mit dem großen westlichen Grabenbruch unsicher, und (2) sind beide Strukturen mit einiger Sicherheit bereits präkambrische Anlagen (MORTELMANS, 1953 und L.CAHEN, 1954).

Die Seismizität beider Strukturen ist eindeutig belegt: 3 Beben mit $4.0 \leq M < 5.0$ und ein Beben mit $M \geq 5.0$ zwischen 1958 und 1963 im Upemba-Graben Gebiet und jeweils ein Beben mit $4.0 \leq M < 5.0$ und $M \geq 5.0$ im Moero-See Gebiet. Quantitative Angaben über die seismische Aktivität dieser Gebiete sind bei Epizentralentfernungen von 700 bis 1000 km nicht mehr möglich. Ganz besonders für diese beiden Bebenzonen soll das oben erwähnte Netz von Nahbebenstationen im Katanga Klarheit schaffen. Die Aktivität des Upemba Grabens wird unterstrichen durch das zahlreiche Auftreten von hydrothermalen Quellen (M.ROBERT, 1946). Da hydrothermale Quellen auch in der NE-Verlängerung des Upemba Grabens bis hin zum Tanganyika Graben auftreten, läßt diese Tatsache einen tektonischen Zusammen-

hang dieser Grabenzone mit der Hauptstruktur des westlichen Grabens wahrscheinlich werden.

VIII.7. TEILGEBIET 5: RUDOLF SEE, VIKTORIA SEE, GREAT RIFT VALLEY,
EYASI RIFT, PANGANI RIFT, KILOMBERO RIFT

VIII.7.1. EPIZENTRENKARTE

Was über die bisherigen Untersuchungen der Seismizität des Teilgebietes 4 gesagt wurde, gilt in gleichem Maße für das Teilgebiet 5: Bis auf einige Fernbebenuntersuchungen (SIEBERG, GUTENBERG und RICHTER, SYKES und LANDISMAN) wurden bisher keine systematischen Nahbebenuntersuchungen durchgeführt. Makroseismische Untersuchungen wurden von J.P.HENDERSON 1953 für Kenya, Uganda und Tanganyika getrennt und für die Jahre von 1929 bis 1953 durchgeführt. Einzelne, besonders starke Beben wurden von C.D.BISSET 1945 und von J.K.WHITTINGHAM 1964 makroseismisch bearbeitet. Die Arbeiten von WHITTINGHAM ermöglichten erstmals für Ostafrika einen Vergleich von makroseismischen und von aus Aufzeichnungen von Nahbebenstationen ermittelten Herddaten. Hierauf wird noch genauer (s.u.) eingegangen werden. A.J.KING 1960, 1961 macht als erster den Versuch, die Aufzeichnungen der Erdbebenstationen Dodoma und Nairobi zur Bestimmung von Epizentren in Ostafrika zu benutzen. Neben den Auswertungen der Aufzeichnungen an den Stationen Dodoma und Nairobi werden Daten der Stationen Broken Hill und Bulawayo, Daten des USCGS und vor allem Daten der Erdbebenstationen des IRSAC benutzt. Zur Bestimmung der Epizentraldistanzen wurden von KING folgende, vom Bernhard Price Institute, Johannesburg, veröffentlichten Laufzeitkurven verwendet:

T_{p1}	$= 0.165 \Delta$	V_{p1}	$= 6.06 \text{ km/s}$
T_{s1}	$= 0.276 \Delta$	V_{s1}	$= 3.62 \text{ km/s}$
T_{pn}	$= 7.0 + 0.123 \Delta$	V_{pn}	$= 8.13 \text{ km/s}$
T_{sn}	$= 13.0 + 0.208 \Delta$	V_{sn}	$= 4.80 \text{ km/s}$

Hierin bedeutet Δ die Epizentraldistanz. Diese Laufzeitkurven decken sich in etwa mit denen, die neuerdings in Rhodesien benutzt werden. Es wird jedoch gezeigt werden können, daß dieses Krustenmodell zumindest für die I.R.S.A.C.-Stationen zu unbefriedigenden Ergebnissen führen würde. - Epizentrenkarten werden von KING nicht hergestellt, hierzu waren wohl der Beobachtungszeitraum zu kurz und die Genauigkeit der Ergebnisse zu gering. Immerhin kann KING bereits feststellen, daß das Nordende des Tanganyika-Sees ein Gebiet mit starker seismischer Aktivität ist, und daß im Bereich des Great Rift Valley Systems besonders die Bahi/Kilimatinde- und die Wembere/Eyasi Regionen - etwa 30°E und 4°S - starke seismische Aktivität zeigen.

Die Daten, die zur Konstruktion der Epizentrenkarte des Teilgebietes 5 (Abb.29) benutzt wurden, entstammen der Zeit von 1958 bis 1963. Beben mit Magnituden $M \geq 5.0$ konnten nahezu vollständig, Beben mit Magnituden $4.0 \leq M < 5.0$ zu etwa 60 - 70 % und Beben mit Magnituden $3.0 \leq M < 4.0$ nur vereinzelt lokalisiert werden. Folgende Zonen können im Teilgebiet 5 unterschieden werden: (a) das Rudolf-See Gebiet und das nördliche Great Rift Valley, (b) der Viktoria-See und das Kavirondo Rift System, (c) das südliche Great Rift Valley und das Eyasi See Gebiet und (d) das Pangani- und das Kilombero Rift System.

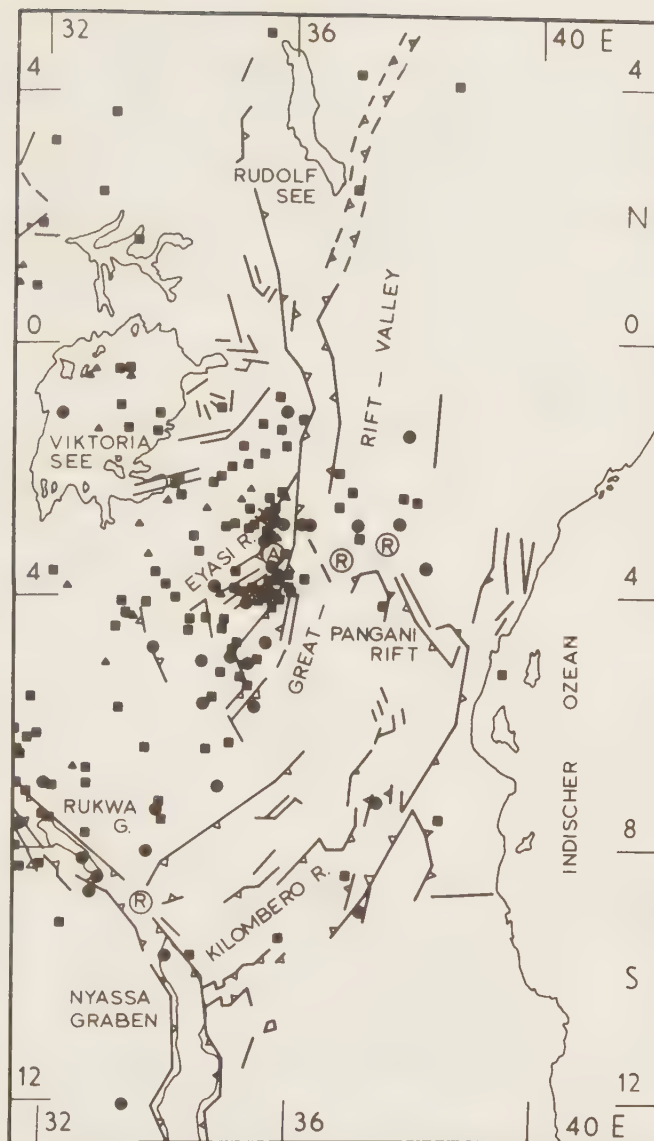


Abb. 29: Epizentrenkarte des Teilgebietes 5.
(Legende s. Abb. 16)

VIII.7.1.1. DAS RUDOLF-SEE GEBIET UND DAS NÖRDLICHE GREAT RIFT VALLEY

Bei Epizentralentfernungen zwischen 1000 und 1250 km ist die Bestimmung von Epizentren bereits sehr kritisch, die Zahl der lokalisierten Beben ist nicht mehr repräsentativ für die Seismizität dieses Gebietes. Die Aktivität der Rudolf-See Zone wird belegt durch vier Epizentren von Beben mit Magnituden zwischen $4.0 \leq M < 5.0$. Beben mit Magnituden $M \geq 5.0$ wurden nicht beobachtet, was zu der Vermutung führt, daß diese Zone seismisch nur mäßig aktiv ist. Ganz besonders wird darauf hingewiesen, daß in der sich südlich an das Rudolf-See Gebiet anschließenden Zone des nördlichen Great Rift Valley keine Epizentren lo-

kalisiert werden konnten (hierzu s. auch Abb. 29).

VIII.7.1.2. DER VIKTORIA-SEE UND DAS KAVIRONDO RIFT SYSTEM

Wie bereits von SIEBERG (Abb. 4) vermutet, liegt eine relativ isolierte, seismisch aktive Zone im Viktoria-See Gebiet. Die mäßige seismische Aktivität ist belegt durch ein Beben mit einer Magnitude von $M \geq 5.0$, fünf Beben mit $4.0 \leq M < 5.0$ und vier Beben mit $3.0 \leq M < 4.0$. Die mittlere Epizentraldistanz beträgt etwa 500 km zur Station Lwiro, so daß die Lage der Epizentren als sicher angesehen werden kann. Tektonische Strukturen, die den Viktoria-See durchlaufen, sind nicht bekannt. - Zwischen dem Viktoria-See und dem Great Rift Valley liegt das Kavirondo Rift System. Obgleich in diesem Störungssystem nur ein Beben mit einer Magnitude $4.0 \leq M < 5.0$ lokalisiert werden konnte, muß angenommen werden, daß zumindest ein Teil der südlich der Kavirondo Rift Zone liegenden Epizentren dieser Zone angehören werden. Es sei hier nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Epizentren in diesen Gebieten Ostafrikas möglicherweise etwa 20 - 50 km zu weit westlich liegen, und daß eine Abweichung in etwa der gleichen Größenordnung in NS-Richtung zugelassen werden muß. - Doch auch die Annahme, daß das Kavirondo Rift seismisch aktiver ist als es der Epizentrenkarte zu entnehmen ist, läßt einen tektonischen Zusammenhang der beiden Zonen nur schwer erkennen.

In NW-Richtung des Viktoria-Sees, über den Kyoga See hinaus, befinden sich, etwa in der Verlängerung des Albert-See Grabens, vereinzelte Epizentren von Beben mit Magnituden zwischen $4.0 \leq M < 5.0$. Eine Korrelation dieser Epizentren mit bekannten tektonischen Strukturen ist unsicher.

VIII.7.1.3. DAS SÜDLICHE GREAT RIFT VALLEY UND DAS EYASI-SEE GEBIET

Die zweifellos seismisch aktivste Zone des östlichen Grabenbruch Systems ist das Eyasi-See Gebiet. Es gehört mit der Uvira-Bujumbura Zone und dem Ruwenzori-Semliki Gebiet zu den aktivsten Bereichen im betrachteten Teil Ostafrikas überhaupt. Alleine etwa 20 Beben mit Magnituden $M \geq 5.0$ fanden hier zwischen 1958 und 1963 statt. Auch in diesem Gebiet muß angenommen werden, daß einige der Epizentren zu weit westlich liegen, und daher dem südlichen Teil des Great Rift Valley zugeordnet werden müssen. Diese Vermutungen basieren auf einer Untersuchung, die im folgenden eingehender besprochen wird.

Außerhalb des Beobachtungszeitraumes von 1958 bis 1963 ereignete sich am 7. Mai 1964 in diesem Gebiet ein Erdbeben mit einer Magnitude $M = 6.8$ (LWI) (Daten: $4^{\circ}2' S$, $34^{\circ}7' E$, $O = 05-45-31.2$). Für dieses Beben wurden makroseismische Untersuchungen von J.K.WHITTINGHAM 1964 durchgeführt. Abb. 30 zeigt das Hauptschüttergebiet, mit $I_0 = VII - VIII$ dieses Bebens, in NW-Richtung zwischen dem Eyasi- und dem Manyara-See gelegen. WHITTINGHAM findet die stärkste Intensität bei etwa 10 bis 20 km SW des Manyara Sees. Eingetragen in diese Karte wurden ebenfalls die von den I.R.S.A.C.-Stationen (LWI) und von USCGS (Washington) ermittelten Epizentren des Hauptschocks. Außerdem wurde die theoretische Lage des Epizentrums des Hauptbebens angegeben, wenn es mittels der in Rhodesien benutzten Geschwindigkeiten von den I.R.S.A.C.-Stationen aus konstruiert würde. Die

Abbildung zeigt außerdem die Epizentren einiger starker Nachbeben. - Diese Untersuchungen eines Einzelereignisses reichen natürlich nicht aus, allgemeingültige Richtlinien für die Konstruktion der Epizentren in Ostafrika aufzustellen. Folgende Feststellungen können jedoch getroffen werden: (1) Die Lage der von Lwiro und von USCGS bestimmten Epizentren stimmt gut überein. (2) die Laufzeitkurven von Rhodesien sind sicherlich für die Auswertung ostafrikanischer Beben an den I.R.S.A.C.-Stationen weniger brauchbar als die momentan benutzten Laufzeitkurven von JEFFREYS und BULLEN. (3) Sowohl der Hauptschock als auch alle untersuchten Nachbeben liegen zwischen 20 und 50 km westlich der Hauptschütterzone. Dies könnte darauf hindeuten, daß die benutzte Geschwindigkeit von 7.8 km/s (JEFFREYS und BULLEN) zu niedrig ist.

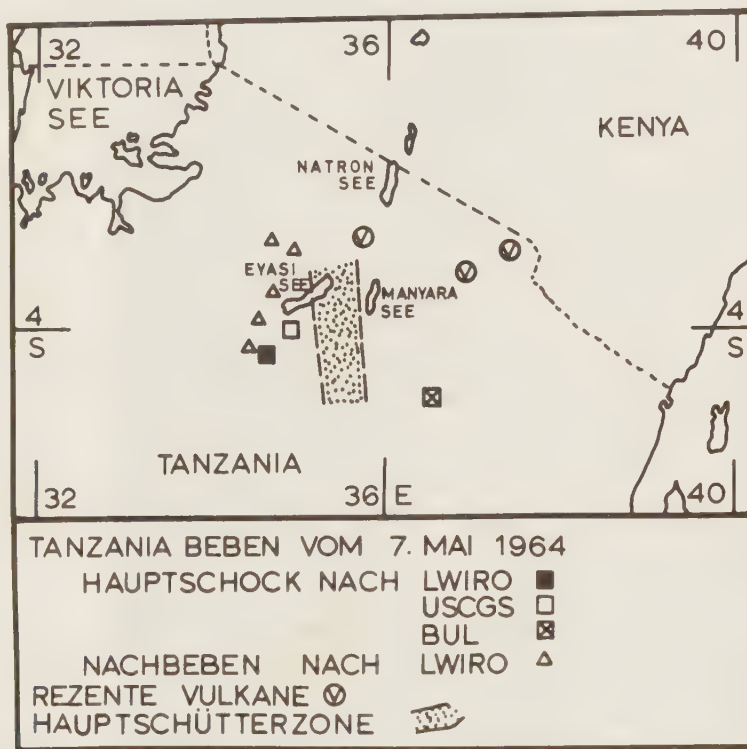


Abb. 30: Zusammenstellung makroseismisch und instrumentell ermittelter Ergebnisse der Untersuchungen des Tanzania-Bebens vom 7. Mai 1964. Makroseismische Angaben nach WHITTINGHAM, 1964.

Eine genauere Untersuchung zu diesem letzten Punkt hat gezeigt, daß, wenn die Untersuchungen von WHITTINGHAM richtig sind, eine Erhöhung der P (P_n)-Wellengeschwindigkeit von 7.8 km/s auf 8.1 - 8.2 km/s unter Beibehaltung des Krustenmodells von JEFFREYS und BULLEN (s. Abschnitt IV.3.) ausreichen würde, um die makroseismischen mit den instrumentell ermittelten Ergebnissen zur Deckung zu bringen.

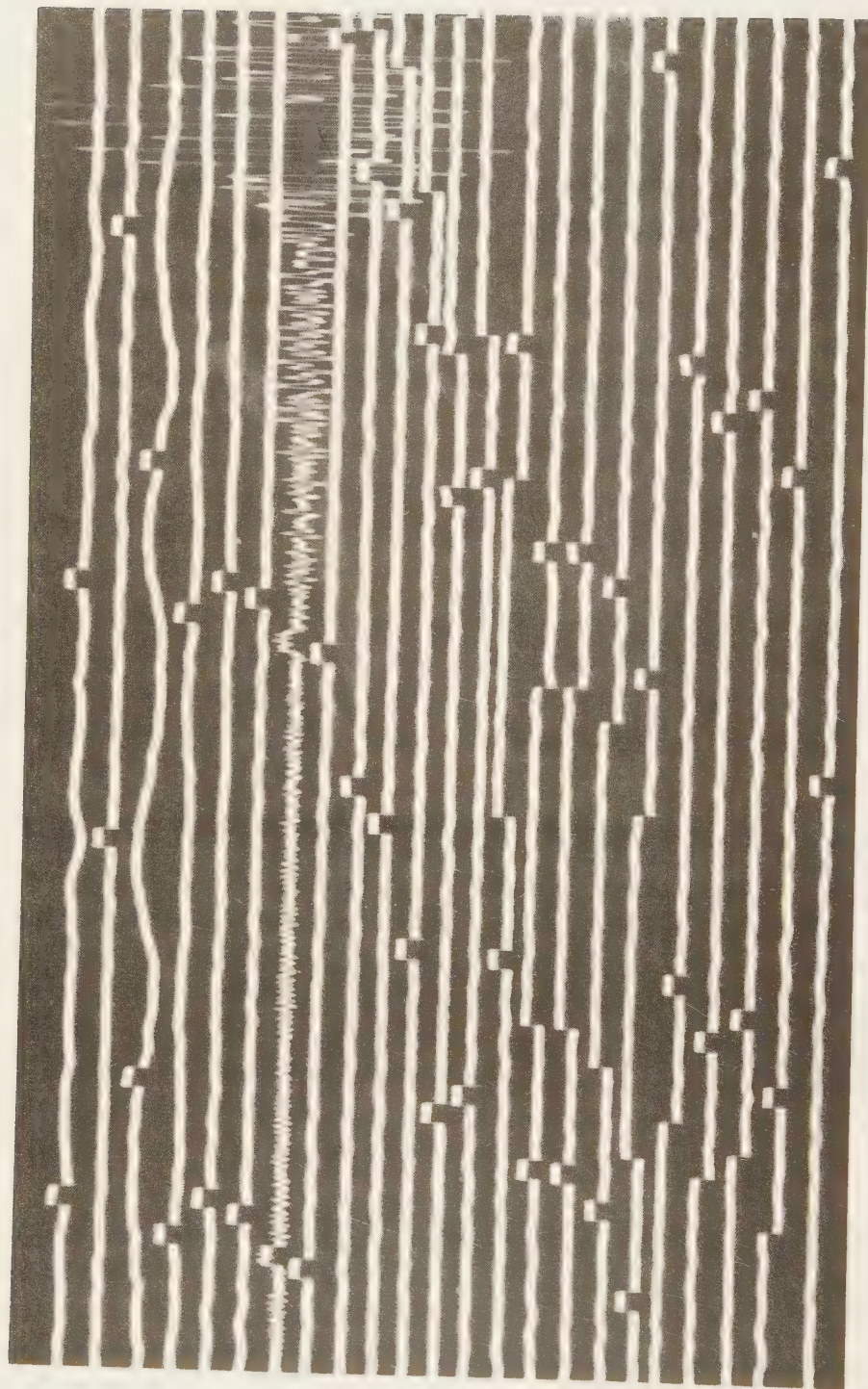


Abb. 31: Seismogramm der Station Iwiro. Nachbeben vom 7. Mai 1964
BENIOFF langperiodischer Vertikalseismograph (X)
0 = 12-57-35.6 GMT, M = 5.4 (IWI)

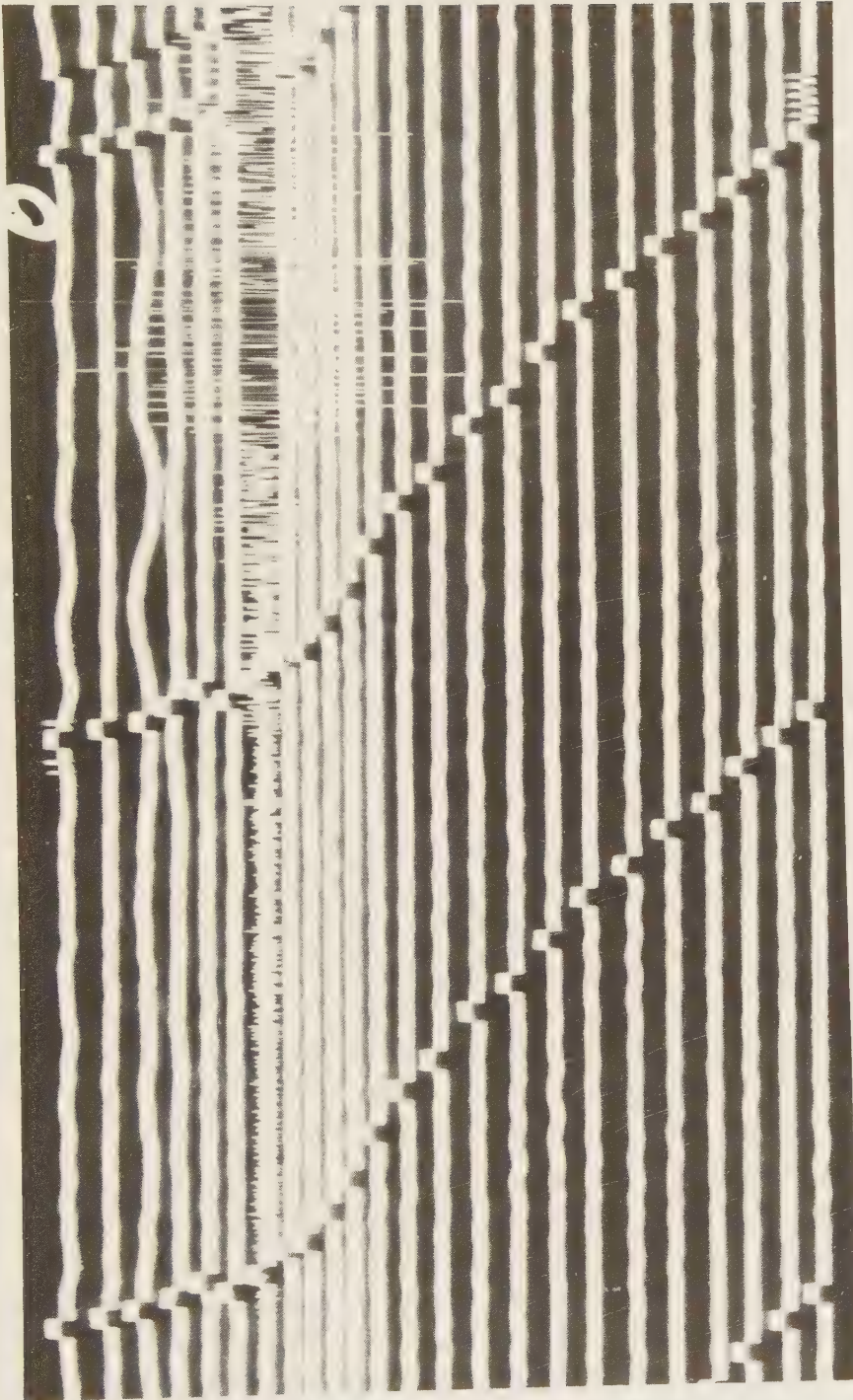


Abb. 32: Seismogramm der Station Astrida. Nachbeben vom 7. Mai 1964
BENIOFF langperiodischer Vertikalseismograph (X)
0 = 12-57-35.6 GMT, M = 5.4 (LWI). Am oberen und unteren Rand
des Seismogramms sind Einblendungen der Zeitzeichen von BBC
London sichtbar.

Die Abbildungen 31 und 32 zeigen Seismogramme eines Nachbebens des Tanzania Hauptschocks vom 7. Mai 1964 ($0 = 12-57-35.6$ GMT, $M = 5.4$ (LWI)) an den Stationen Lwiro und Astrida. Bei den Seismogrammen handelt es sich um Aufzeichnungen von langperiodischen BENIOFF Vertikalseismographen (X). Beide Seismogramme, insbesondere aber die Registrierung von Astrida zeigen klare Einsätze der S-Wellen, so daß in der Auswertung keine großen Variationen möglich sind. (Die P-Einsätze wurden anderen Seismogrammen entnommen.)

Ein zweites Argument für eine höhere P-Wellengeschwindigkeit liefert die folgende Überlegung: Das Epizentrum des Hauptschocks vom 7. Mai 1964 liegt genau in der SE-Verlängerung der Verbindungslinie der Stationen Lwiro und Astrida. Die Entfernung beider Stationen voneinander beträgt $\Delta d = 112 \pm 1$ km. Die Zeitdifferenz der Ankunftszeiten der P-Welle an beiden Stationen beträgt $\Delta t_p = 13.6 \pm 0.5$ sec. Da $V_p = \Delta d / \Delta t$ ist, folgt für $V_p = 8.24 \pm 0.2$ km/s und mit $\Delta t_s = 25$ sec für $V_s = 4.5 \pm 0.2$ km/s. V_p und V_s müssen vorerst als Scheingeschwindigkeiten angesehen werden, solange über die Lage eventueller Schichtgrenzen in der Erdkruste keine Angaben vorliegen.

Daß für größere Epizentraldistanzen eventuell auch für andere Gebiete Ostafrikas eine Änderung der Geschwindigkeiten nötig werden könnte, entnehmen BERG und JANSSEN, 1959, einer Untersuchung eines Bebens vom 23. Januar 1959 ($0 = 09-47-27$ GMT, $M = 5.0$, $0^{\circ}7$ N, $30^{\circ}5$ E). Sie fanden zwischen Uvira und der Erdbebenwarte Elisabethville (Lubumbashi), einer Station des Service Meteorologique du Congo Belge (Abb. 8), eine Scheingeschwindigkeit von 8.12 ± 0.15 km/s.

Diese Überlegungen führen zu der Überzeugung, daß nicht nur das Gebiet des Eyasi Sees, sondern auch der südliche Teil des Great Rift Valley eine starke seismische Aktivität aufweist.

VIII.7.1.4. DAS PANGANI- UND DAS KILOMBERO RIFT SYSTEM

Mit Epizentralentfernungen zwischen 800 und 1250 km liegen sowohl das Pangani Rift als auch das Kilombero Rift System außerhalb des Bereiches, in dem quantitative Aussagen über die Seismizität, von den I.R.S.A.C.-Stationen aus, möglich sind. Die seismische Aktivität des Pangani Rifts ist belegt durch mindestens ein Beben mit einer Magnitude $M \geq 5.0$ und ein Beben mit $4.0 \leq M < 5.0$. Stärkere Aktivität zeigt das Kilombero Rift mit zwei Beben mit $M \geq 5.0$ und drei Beben mit $4.0 \leq M < 5.0$ in dem Zeitraum von 1958 bis 1963.

Bemerkenswert ist das Auftreten einer erdbebenaktiven Zone nördlich des Pangani Rift Systems. Diese Zone fällt zusammen mit dem Vulkangebiet des Mt. Kilimandjaro, des Mt. Meru, etc.: Drei Beben mit $M \geq 5.0$ und sechs Beben mit $4.0 \leq M < 5.0$ konnten hier lokalisiert werden. Diese Aussage steht scheinbar im Widerspruch mit den Beobachtungen einer bebenfreien Zone im Virunga Vulkangebiet des westlichen Grabenbruches. Tatsächlich können aber in dieser Epizentralentfernung keine derart detaillierten Angaben gemacht werden, so daß offen bleibt, ob in der Umgebung der ostafrikanischen Vulkane ebenfalls bebenarme oder bebenfreie Zonen auftreten.

VIII.8. DIE SEISMIZITÄT OSTAFRIKAS - ÜBERSICHT

Erdbeben im Untersuchungsgebiet Ostafrikas mit Magnituden $M \geq 4.0$ werden an den I.R.S.A.C.-Stationen nahezu vollständig registriert, können jedoch nicht vollständig lokalisiert werden. Es hat sich bei der Auswertung gezeigt, daß Erdbeben mit $M \geq 4.0$ und Epizentraldistanzen bis etwa 500 km zu 90 %, zwischen 500 und 1000 km Epizentraldistanz zu etwa 60 % lokalisiert werden konnten. Während die Unbestimmbarkeit von 10 % der Beben in der Kategorie bis 500 km Epizentraldistanz im wesentlichen durch eine unzureichende Zahl von Registrierstationen (Ausfall von Registrierungen) bedingt war, ist der relativ hohe Prozentsatz von 40 % unbestimmbarer Epizentren in der Kategorie von 500 bis 1000 km Epizentraldistanz bedingt durch die Unlesbarkeit (undeutliche, unsichere Einsätze) der Seismogramme. Diese Unterschiede in der Lokalisierbarkeit müssen berücksichtigt werden, wenn der Versuch einer Darstellung der Seismizität des gesamten Untersuchungsgebietes Ostafrikas unternommen wird.

Abbildung 33 zeigt die Verteilung aller lokalisierten Epizentren von Beben mit Magnituden $M \geq 4.0$ im Zeitraum von 1958 bis 1963. Wie bereits in den Detailbetrachtungen beschrieben, lassen sich auch hier einige Schwerpunkte der seismischen Aktivität klar erkennen: Das Ruwenzori-Gebiet zwischen dem Eduard- und

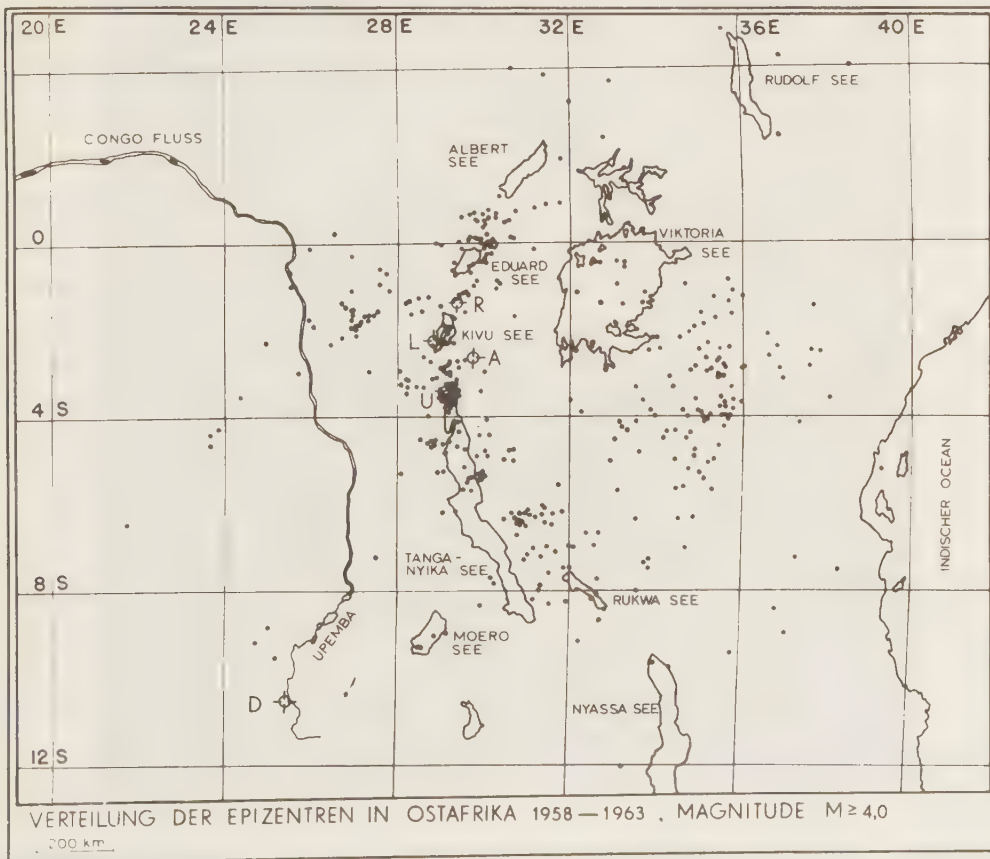


Abb. 33: Verteilung der Epizentren in Ostafrika
in der Zeit von 1958 bis 1963, mit $M \geq 4.0$

dem Albert-See und das Nordende des Tanganyika-Sees, die Uvira-Bujumbura Zone als Hauptbebengebiet des westlichen Grabens. Hinzu kommen hier die wohl schwächeren, aber doch klar hervortretenden Bebenzonen zwischen dem Kivu-See und dem Congo-Fluß, dem Wasongola Gebiet, und dem nordwestlichen Rukwa-See Gebiet. Die seismisch aktivste Zone des östlichen Grabenbruchs ist die SE des Viktoria-Sees liegende Zone des Eyasi Rift und des südlichen Great Rift Valley. Deutlicher als bei der Betrachtung der Teilgebiete werden hier, neben den ausschließlich an den Graben der großen Seen gebundenen Epizentren, NE-SW gerichtete Strukturelemente erkennbar: (1) die Linie Albert-See, Eduard-See, Wasongola Gebiet, über den Congofluß hinweg, bis etwa 7°S , 22°E ; (2) der mittlere Tanganyika Graben bis zum Upemba Graben, und (3) das Great Rift Valley, das Eyasi Rift über das nördliche Rukwa Rift in das Moero-See Gebiet. Die letztere Struktur würde allerdings senkrecht zum Streichen des Rukwa- und des Tanganyika-Grabens verlaufen.



Abb. 34: Seismizität Ostafrikas 1958, 1959, 1960, 1961, 1962. Dargestellt sind Flächen gleicher Bebenzahl pro Jahr ($M \geq 4.0$) (Elementarfläche: $(55 \text{ km})^2$: keine, weniger als ein, zwischen 1 und 3 und mehr als 3 Beben pro Jahr und $(55 \text{ km})^2$.

Die Seismizität Ostafrikas wird auch in der Abb. 34 deutlich. Für die Jahre 1958, 1959, 1960, 1961 und 1962,1 wurden Flächen gleicher Bebenhäufigkeit gezeichnet. Als Elementarfläche wurde ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 55 km gewählt und die Zahl der jährlich in einem dieser Quadrate auftretenden Beben mit einer Magnitude $M \geq 4.0$ gezählt. Das Untersuchungsgebiet wurde in Flächen unterteilt, in denen, bezogen auf den Beobachtungszeitraum von viereinhalb Jahren, keine, weniger als ein, zwischen ein und drei und mehr als drei Epizentren von Beben mit $M \geq 4.0$ pro Jahr lokalisiert wurden. Dieser Darstellung sind im wesentlichen die gleichen Informationen zu entnehmen wie der Abb. 33, doch treten hier die bebenfreien Zonen sehr klar heraus, von denen das Gebiet SW des Viktoria-Sees als gesichert bebenarm angesehen werden muß. Alle anderen, mit einem ? versehenen Zonen können nur als "vermutlich bebenarm" bezeichnet werden. Es erscheint durchaus möglich, daß diese hier bebenfreien Zonen nur "Schattenzonen" sind, d.h. Zonen, aus denen an den I.R.S.A.C.-Stationen keine Erdbebenwellen aufgezeichnet werden. Gegen diese Schattenzonen spricht allerdings, daß bisher auch aus makroseismischen Untersuchungen der Schluß gezogen werden muß, daß hier tatsächlich bebenarme oder bebenfreie Zonen vorliegen. Die Abb.34 zeigt aber auch, daß die seismische Aktivität beider Grabensysteme, sowohl des westlichen als auch des östlichen, im Gegensatz zu den Vorstellungen von KRENKEL (Abb. 2) und WILLIS (Abb. 3), als etwa gleich angesehen werden muß. Ein Vergleich mit der Karte der Seismizität Ostafrikas nach A.SIEBERG (Abb. 35) zeigt grundsätzliche Übereinstimmung mit der in Abb. 34 gezeigten Karte in der geographischen Verteilung der Erdbebengebiete, aber Abweichungen in der Stärke der seismischen Aktivität dieser Gebiete. Bemerkenswert erscheint die Übereinstimmung beider Karten in den bebenarmen Zonen zwischen dem Albert- und dem Rudolf-See im Norden und dem Longwa Graben im Süden des Untersuchungsgebietes.

Natürlich ist zur Beurteilung der seismischen Aktivität eines Gebietes nicht die Zahl der Erdbeben, sondern auch die Energie, bzw. die Magnitude dieser Beben von ganz besonderer Bedeutung. Nach RICHTER kann die Seismizität eines Gebietes ausgedrückt werden als die Zahl N von Erdbeben innerhalb eines bestimmten Magnitudenintervalls δM , die pro Jahr zu erwarten ist, bzw. beobachtet wurde. Es hat sich gezeigt, daß der Zusammenhang zwischen der Bebenzahl N in einem Magnitudenintervall δM und der mittleren Magnitude M dieses Intervalles sehr gut durch die Beziehung

$$\log N = a + b M$$

beschrieben wird. Hierbei muß jeweils festgelegt werden, für welches Zeitintervall und welches Magnitudenintervall δM N bestimmt werden soll. Im allgemeinen wird N auf die Zeit eines Jahres und auf ein Magnitudenintervall von

$$\delta M = 1 \text{ oder } \delta M = 1/2 \text{ bezogen.}$$

Im Beobachtungszeitraum von 1958 bis 1963 wurden zwischen $2^{\circ}N$ und $10^{\circ}S$ sowie $22^{\circ}E$ und $38^{\circ}E$ - das Untersuchungsgebiet wurde etwas begrenzt, um sicher vollständige Zahlenangaben machen zu können - , einem Gebiet also von etwa $2.3 \cdot 10^6 \text{ km}^2$, folgende Bebenereignisse beobachtet:

Mag. M	N/5a	N/a(gemessen)	N/a(berechnet)
4.0 - 4.9	370	74.0	76.0
5.0 - 5.9	61	12.2	11.0
6.0 - 6.9	8	1.6	1.5
7.0 - 7.9	1	0.2	0.2

Tabelle VIII

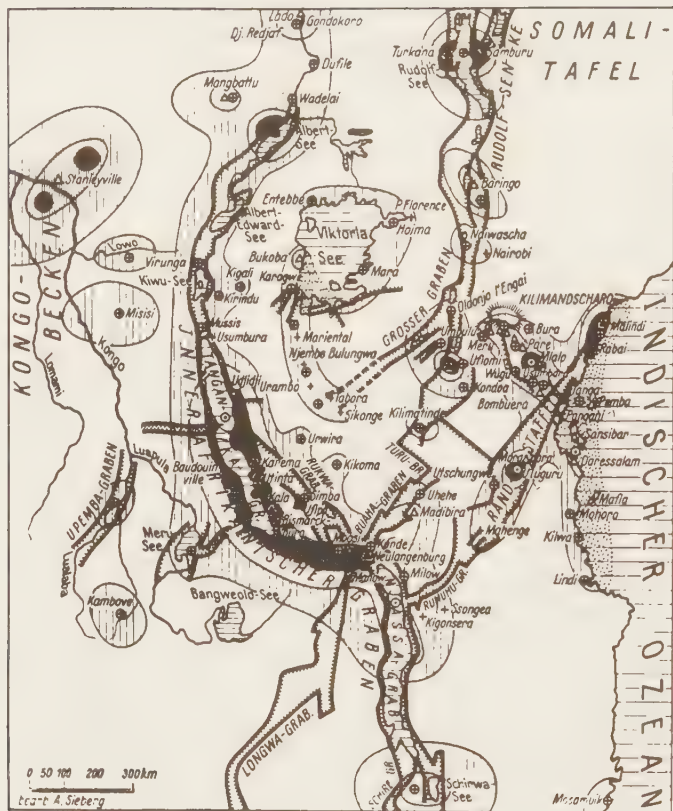


Abb. 35: Karte der Seismizität Ostafrikas nach A.SIEBERG

Hieraus ergibt sich (Abb. 36a) die Beziehung

$$\log N = 5.7 - 0.85 m$$

Wie gut diese Beziehung erfüllt ist, zeigt die Gegenüberstellung der beobachteten und der berechneten Werte in der Tabelle VIII. Unter Benutzung einer etwas variierten Beziehung

$$\log N = c + d (8 - M) \quad (\text{RICHTER, MATUZAVA})$$

ergibt sich $\log N = -1.1 + 0.85 (8 - M)$,

$$\text{d.h.} \quad c = -1.1, \quad d = 0.85.$$

Die Konstante c in dieser Beziehung ist hier direkt ein Maß für die Zahl der

Beben mit einer Magnitude $M = 8.0$, die pro Jahr im Untersuchungsgebiet zu erwarten sind. Dies bedeutet, daß im Untersuchungsgebiet von Ostafrika nur alle 12 Jahre mit einem Beben der Magnitude $M = 8.0$ zu rechnen ist. SUTTON und BERG (1958) fanden alleine für das westliche Grabensystem für $c = -1.6$ und für $d = 0.61$, d.h. nur alle 25 Jahre ein Beben mit $M = 8.0$. Mit den obigen Werten ist die Seismizität Ostafrikas vergleichbar etwa mit folgenden Gebieten (MATUZAWA, S. 111):

Zentral-Amerika, Mexiko	$c = -1.2$	$d = 0.9$	(GUTENBERG, RICHTER)
Süd-Kalifornien	$c = -1.21$	$d = 0.88$	(GUTENBERG, RICHTER)
Kaukasus	$c = -1.0$	$d = 0.74$	(TSKHAKAYA)
(Japan, als seismisch höchst aktives Gebiet hat:	$c = -0.11$	$d = 0.66$)	

In gleicher Weise läßt sich ein Maß für die Seismizität der beiden Hauptgraben-zonen getrennt abschätzen. Das Gebiet 22°E und 32°E sowie 2°N und 10°S wurde für den westlichen Grabenbruch, das Gebiet 32°E und 38°E sowie 2°N und 10°S für den östlichen Grabenbruch als repräsentativ angesehen. Auf Beben mit $M < 4.5$ wurde hier verzichtet, da Unsicherheiten in der Zugehörigkeit zu einem der Bereiche zu befürchten waren. Die Tabellen IXa und IXb zeigen für die Untersuchungsperiode von 1958 bis 1963, bezogen auf ein Jahr und das Magnitudenintervall $\delta M = 1/2$ folgende Werte:

(a) Westgraben:

M	N/5a	N/a
4.5 - 4.9	49	9.8
5.0 - 5.4	16	3.2
5.5 - 5.9	7	1.4
6.0 - 6.4	4	0.8
6.5 - 6.9	0	0
7.0 - 7.4	1	0.2

(b) Ostgraben:

M	N/5a	N/a
4.5 - 4.9	59	11.8
5.0 - 5.4	27	5.4
5.5 - 5.9	10	2.0
6.0 - 6.4	4	0.8
6.5 - 6.9	0	0
7.0 - 7.4	0	0

Tabelle IX

Diesen Tabellen und der graphischen Darstellung (Abb. 36b) ist unter Anwendung der obigen Beziehungen für den Westgraben:

$$\text{Log } N = 3.95 - 0.65 M$$

$$\text{d.h. } a = 3.95, \quad b = -0.65$$

und für den Ostgraben:

$$\text{Log } N = 4.85 - 0.79 M$$

$$\text{d.h. } a = 4.85, \quad b = -0.79$$

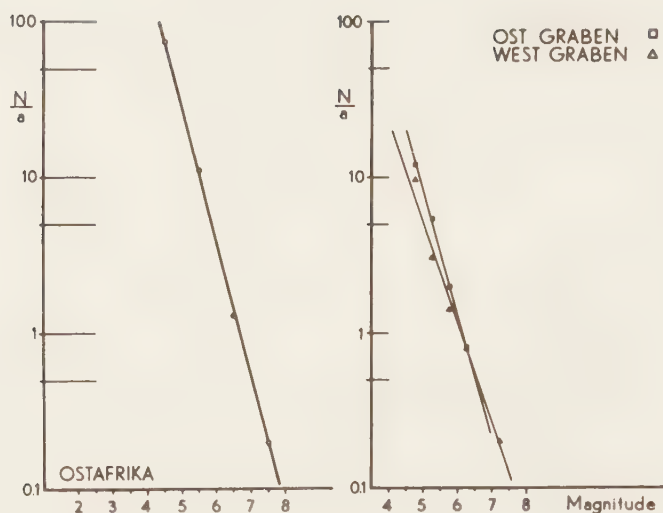


Abb. 36a: Magnitude als Funktion der jährlichen Bebenzahl N für Ostafrika. Magnitudenintervall $\Delta M = 1$

Abb. 36b: Magnitude als Funktion der jährlichen Bebenzahl N für den Ostgraben und den Westgraben. Magnitudenintervall $\Delta M = 0.5$

zu entnehmen. Dies bedeutet, daß die Seismizität beider Grabenbrüche im Beobachtungszeitraum von 1958 bis 1963 nahezu gleich ist, mit einem geringen Übergewicht des östlichen Grabensystems. So ist z.B. im Ostgraben mit etwa 0.9 Beben der Magnituden $6.0 \leq M < 6.5$ zu rechnen, im Westgraben dagegen nur mit 0.8 Beben im gleichen Magnitudenintervall jährlich. Die leicht höhere Seismizität des östlichen Grabensystems wird unterstrichen durch die etwas höhere Flächen-dichte, da man für das östliche Grabensystem $0.9 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ und für das westliche Grabensystem $1.5 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ Fläche zugrunde legen muß.

IX. ZUSAMMENFASSUNG

Aus instrumentellen Aufzeichnungen der Nahbebenstationen des I.R.S.A.C. (Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale) wurden in der vorliegenden Arbeit Karten der Epizentren von Erdbeben im Gebiet der ostafrikanischen Grabenzonen zwischen 4°N und 12°S sowie 23°E und 40°E angefertigt. Für den westlichen oder zentralen Graben lag geschlossenes Datenmaterial von 1956 bis 1963, für den östlichen Graben für die Zeit von 1958 bis 1963 vor. Die Untersuchungen des zentralen Grabens schließen an Bearbeitungen von DE BREMAECKER, SUTTON, BERG und JANSSEN (1958, 1959) an. Für den östlichen Graben (Great Rift Valley) werden hier erstmals Karten über die Verteilung der Epizentren vorgelegt.

Die Ermittlung der Epizentren erfolgte nach einer geometrischen Methode unter Verwendung der Laufzeitkurven von JEFFREYS und BULLEN (1948). Mit Hilfe von

makroseismischen Untersuchungen und Vergleichen mit Ergebnissen, die aus Aufzeichnungen von Fernbeben ermittelt wurden, wurde die Brauchbarkeit der Konstruktionsmethode und des Krustenmodells von JEFFREYS und BULLEN für das Untersuchungsgebiet in Ostafrika nachgewiesen.

Das Untersuchungsgebiet wurde in fünf Teilgebiete untergliedert (drei Teilgebiete für den zentralen Graben, zwei Teilgebiete für den östlichen Graben). Die Epizentren der Teilgebiete werden mit den tektonischen Linien nach L.CAHEN (1952) und R.FURON (1959) korreliert. Es wird festgestellt, daß die seismische Aktivität im wesentlichen an die großen tektonischen Strukturen gebunden ist. Als Ausnahmen dieser Regel müssen Bebengebiete zwischen dem zentralen Graben und dem Congofluß, sowie zwischen dem zentralen und dem östlichen Grabenbruch angesehen werden, die an bisher nicht bekannte tektonische Strukturen gebunden sind.

Besondere Beachtung finden drei Beben-Ereignisse in der zentralen Grabenzone (Uvira-Beben 1960, Bukavu-Beben 1965, Ruwenzori-Beben 1966) und ein Beben im östlichen Grabenbruch (Tanzania-Beben 1964). Die Nachbeben und die Gesetzmäßigkeit des Spannungsabbaus in der Erdkruste werden untersucht.

Die Seismizität der Virunga Vulkanzone wurde untersucht. Für den zentralen Graben wurden mit Hilfe von 74 ausgewählten Beben Untersuchungen über die Herdtiefe vorgenommen. Hierbei ergab sich eine mittlere Herdtiefe von etwa 20 km.

Ein Vergleich der seismischen Aktivität der beiden Hauptgrabenzonen wird durchgeführt. Eine Abschätzung zeigt, daß im gesamten Untersuchungsgebiet Ostafrikas z.B. mit einem Beben der Magnitude $M = 8.0$ nur alle 12 Jahre zu rechnen ist.

LITERATURVERZEICHNIS

- BAKER, B.H., 1964 Proposal for International Research on the Kenya Rift Valleys as a part of the Upper Mantle Project.
in "International Upper Mantle Project" Jan. 1964,
Los Angeles, Secretariat of the Upper Mantle Committee.
- BATH, M., 1964 Seismology in the Upper Mantle Project.
Tectonophysics, 1 (3), 1964, pp. 261-271.
- BELOUSSOV, V.V., 1963 The Study of the Great African Rifts (Rift Valleys of East Africa).
Draft Program, I.U.G.G.-Cir. 2030, August 1963.
- BENIOFF, H., 1951 Earthquakes and Rock Creep, Part I.
Bull. of the Seism. Soc. of America, vol. 41 (1951),
pp. 31-62.
- BERG, E., 1956 Structure du Graben de l'Afrique Centrale, Essai d'Interprétation Séismographique.
Pol. Scient. Afrique Centrale 1956, To. II, No. 4,
pp. 9-11.
- BERG, E. et T.JANSEN, 1959 La vitesse de l'onde P entre Uvira et Elisabethville.
Pol. Scient. Afrique Centrale, März 1959, no. 1.
- BERG, E. et T.JANSEN, 1960 Microséismes et Séismes précédant l'éruption du Nyamuragira-Kitzimbanyi (Afrique Centrale) 1958.
Bull. Volcanologique, Sér. II, To. XXIII, 1960.
- BERG, J.W., GASKELL, R. and RINEHART, V., 1964 Earthquake Energy Release and Isostasy.
Bull. of the Seism. Soc. of America, vol. 54, no. 2,
pp. 777-784, April 1964.
- BISSET, C.B., 1945 Note on Earth Tremors on and about 18 March 1945.
Bull. Uganda Soc. 4, 25.
- BUNE, V.I., 1956 Ob ispol'zovanii metoda Golitsina dlya priblizhennoy otsenki energii blizkikh zemletryaseniy.
Trudy Inst. Seismol. Akad. Nauk Tadzhikskoy SSR,
vol. 54 (1956), pp. 3-27.
- CAHEN, L., 1952 Esquisse Tectonique du Congo Belge et Ruanda-Urundi
1 : 3.000.000.
Ministère des Colonies, Commission de Géologie, 1952.
- CAHEN, L., 1954 Géologie du Congo Belge.
Liège, 1954.
- CAHEN, L. et LEPERSONNE, J. Notice de la Carte Géologique du Congo Belge et du Ruanda-Urundi.
Commission Central de l'Atlas Général du Congo.
- DE BREMAECKER, J.CL., 1955 Réalisations et Programme de l'IRSAC en Séismologie.
Académie Royale des Sciences Coloniales, Bull. des Séances 1 - 1954 - 4.
- DE BREMAECKER, J.CL., 1955 Détermination des Magnitudes des Séismes au Congo Belge.
Académie Royale des Sciences Coloniales, Bull. des Séances, 1 - 1955 - 6.

- DE BREMAECKER, J.CL., 1955
Note Préliminaire sur l'Existence de l'onde séismique L_g en Afrique.
Académie Royale des Sciences Coloniales, Bull. des Séances, 1 - 1955 - 6.
- DE BREMAECKER, J.CL., 1956
Premières données séismologiques sur le Graben de l'Afrique Centrale.
Académie Royale des Sciences Coloniales, Bull. des Séances, 11 - 1956 - 4.
- DE BREMAECKER, J.CL., 1959
Seismicity of the West African Rift Valley.
Jour. of Geophysical Research, vol. 64, no. 11, Nov. 1959, pp. 1961-1966.
- DON TOCHER, 1965
Earthquake Intensity and Magnitude Scales.
Geotimes, 1965.
- DOPP, S., 1964
Preliminary Note on a Refracted P Phase in the Western Rift Valley of Africa.
Jour. of Geophysical Research, vol. 69, no. 14, July 1964.
- DRAKE, C.L., 1964
World Rift System.
Transactions, American Geophysical Union, vol. 45, no. 3, Sept. 1964, pp. 435-440.
- EIBY, G.A. and M.G.MUIR, 1961
Tables to facilitate the study of near Earthquakes.
Seism. Obs. Bull. Wellington, New Zealand.
- FISHER, R.L., R.G.BAKER and R.R.GUIDROZ, 1964
Final Report on Evaluation for 1960 Seismicity.
Advanced Research Projects Agency, Project VELA UNIFORM.
- FURON, R. et G.DAUMAIN, 1959
Esquisse Structurale provisoire de l'Afrique;
1 : 10 . 10⁶.
Congrès Géologique International, Association des Services Géologiques Africains, Paris, 1959.
- GOLUBEVA, N.B., 1965
Seismic Zones of the Earth and their Energy Characteristic during 1950-1960.
IZVESTIYA, Physics of the solid Earth, no. 5, May 1965 pp. 287-290.
- GORSHKOV, G.P., 1961
Seismicity of Africa.
UNESCO/NS/NR/2 Add. 1, 1961.
- GUTENBERG, B., 1933
Handbuch der Geophysik, Band II, Aufbau der Erde.
Verlag Gebr. Bornträger, Berlin, 1933.
- GUTENBERG, B. and C.F.RICHTER, 1942
Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration.
Bull. of the Seismol. Soc. of America, vol. 32, no.3, July 1942.
- GUTENBERG, B. and C.F.RICHTER, 1954
Seismicity of the Earth.
Princeton University Press, 1954.
- HENDERSON, J.P., 1953
Some Notes on Earth Tremors in East Africa.
E.A. Meteorological Dep., Technical Memorandum no. 4, Nairobi.

- HERRIN, E. and
TAGGART, J., 1962 Regional Variations in Pn Velocity and their effects
on the location of Epicenters.
Bull. Seism. Soc., vol. 52, no. 5, pp. 1037-1046,
Dec. 1962.
- HERRINCK, P., 1959 Séismicité du Congo Belge.
Académie Royale des Sciences Coloniales, To. IX,
Fasc. 5, 1959, Publ. no. 27.
- JACKSON, S.P., 1957/58 The International Geophysical Year in Africa, South of
the Sahara.
Commission for Technical Co-Operation in Africa, South
of the Sahara, pp. 76-84.
- JAMES, T.C., 1956 The Nature of Rift Faulting in Tanganyika.
C.C.T.A. East-Central Regional Committee for Geology,
Dar-es-salaam.
- JEFFREYS, H., and
K.E.BULLEN, 1948 Seismological Tables.
British Association for the Advancement of Science.
- JONES, L., 1962 Notice de la Carte Gravimétrique - Atlas Général du
Congo.
Académie Royale des Sciences d'outre-mer, Bruxelles.
- KING, A.J., 1956 Notes on the Seismicity of the Lake Nyasa and Lake
Rukwa Areas.
First Meeting East Central Regional Committee for Geo-
logy, Dar-es-salaam, pp. 151-156.
- KING, A.J., 1960 Seismology in East Africa in 1960.
Ministry of Commerce and Industry, Geological Survey
Division, Tanganyika, Report No. AIK/57.
- KING, A.J., 1961 Seismological Observations.
Ministry of Commerce and Industry, Geological Survey
Division, Dodoma, Tanganyika.
- KOSTENKO, N.P., 1964 On Neotectonics of Africa in Connection with its Seis-
micity.
Publ. du Bureau Central Séismologique International,
Sér. A; Travaux Scientifiques Fax. 23, 1964.
- KRENKEL, E., 1921 Die Erdbeben Ostafrikas.
Centralblatt für Min., Geol., Pal., 1921, no. 23-24,
Stuttgart, pp. 705-713, 743, 751.
- KRENKEL, E., 1922 Die Bruchzonen Ostafrikas: Tektonik, Vulkanismus, Erd-
beben und Schwereanomalien.
Berlin, 1922, pp. 1-184.
- KRENKEL, E., 1923 Die Seismizität Afrikas.
Centralblatt für Min., Geol., Pal., No. 6, 1923, pp.
173-183.
- KRENKEL, E., 1957 Geologie und Bodenschätze Afrikas.
Akademische Verlagsgesellschaft, Berlin.
- LOUPEKINE, I.S., 1965 in "Report of the UMC/UNESCO Seminar on the East
African Rift System".
Nairobi, April 1965.

- LOUPEKINE, I.S., 1965 in "Report on the Geology and Geophysics of the East African Rift System"
UNESCO/UMC of I.U.G.G., Nairobi, 1965.
- LOUPEKINE, I.S., 1966 Earthquake Reconnaissance Mission Uganda, the Toro Earthquake of 20 March 1966.
UNESCO, Paris, 1966.
- MATUZAWA, T., 1964 Study of Earthquakes.
Uno Shoten, Tokyo, Japan.
- MOHR, P.A., 1962 The Ethiopian Rift System.
Bull. Geophys. Observatory, University College, Addis Abeba, 3, no. 1, pp. 33-62.
- MONTESSUS DE BALLORE, F.DE, 1906 Les Tremblements de Terre.
Librairie Armand Colin, Paris.
- MORTELMANS, G., 1953 Les antécédents tectoniques du Graben de l'Upemba (Katanga).
Bull. Volcanologique, Sér. II, To. XIII, 1953.
- NORDQUIST, J.M., 1945 Theory of largest values applied to earthquake magnitudes.
Transactions, Amer. Geophys. Union, vol. 26 (1945), pp. 29-31.
- PALLISTER, J.W. and J.V.HEPWORTH, 1956 Notes on Mylonite and Rift Faulting in Uganda.
C.C.T.A. East-Central Reg. Geol. Conf., Dar-es-salaam
- RICHTER, C.F., 1958 Elementary Seismology.
- ROBERT, M., 1946 Le Congo Physique.
Comité Spécial du Katanga, 1946.
- SAGGERSON, E.P., 1962 The Geology of East Africa.
in: RUSSEL, E.W., The Natural Resources of East Africa, East African Literature Bureau, Nairobi, Kenya, 1962.
- SAWARENSKI, E.F. und D.P.KIRNOS, 1960 Elemente der Seismologie und Seismometrie.
Akademie Verlag, Berlin, 1960.
- SCHEIDEGGER, A.E., 1963 Principles of Geodynamics.
Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- SHEBALIN, N.V., 1955 O svyazi mezhdu energye, ballnost'yu i glubinoi ochaga zemletryaseniya.
Izvestiya Akad. Nauk SSR, ser. geofiz., pp.377-380.
- SIEBERG, A., 1904 Handbuch der Erdbebenkunde.
Verlag Fr. Vieweg und Sohn, Braunschweig.
- SIEBERG, A., 1923 Erdbebenkunde.
Verlag Gustav Fischer, Jena.
- SIEBERG, A., 1932 in: GUTENBERG, Handbuch der Geophysik, vol. 14.
- STOVER, C.W., 1966 Seismicity of the Indian Ocean.
Jour. of Geophys. Research, vol. 71, no. 10, May 15, 1966, pp. 2575-2581.

- SUTTON, G.H. and
BERG, E., 1958 Seismological Studies of the Western Rift Valley of Africa.
Transactions, Amer. Geophys. Union, vol. 39, no. 3, June 1958, pp. 474-481.
- SYKES, L.R. and
LANDISMAN, M., 1964 The Seismicity of East Africa, the Gulf of Aden and the Arabian and Red Seas.
Bull. of Seism. Soc. of America, vol. 54, no. 6, pp. 1927-1940, Dec. 1964.
- TOPERCZER, M., 1960 Lehrbuch der allgemeinen Geophysik.
Springer-Verlag, Wien, 1960.
- WHITTINGHAM, J.K., 1964 Report on the Earth Tremor of 7th May 1964.
Geological Survey of Tanganyika, Report IKW/34.
- WILLIS, B., 1936 East African Plateaus and Rift Valleys.
Carnegie Inst. of Washington, 1936.
- WOHLENBERG, J., 1966 Remarks on the Uganda Earthquake of March 20, 1966.
Chronique de l'I.R.S.A.C., Tome I, no. 1, 1966.
- WOHLENBERG, J., 1966 Remarks on the Uganda Earthquake of March 20, 1966, (Part II).
Chronique de l'I.R.S.A.C., Tome I, no. 2, 1966.
- WOHLENBERG, J. and
T.JANSSSEN, 1966 Earthquake reconnaissance Mission Uganda Earthquake: Preliminary Interpretation of Seismograms.
UNESCO, Paris, 1966.

LANDKARTEN

- Afrique Est - Somalie, 1 : 5 · 10⁶, 1933
Ministère des Travaux Publics et des Transports
Institut Géographique National, Paris, 1933.
- Atlas of Tanganyika, East Africa, 1 : 3 · 10⁶, 1956
Department of Lands and Surveys, Dar-es-salaam,
Geological Map, 1956.
- Carte Géologique Internationale de l'Afrique, 1 : 5 · 10⁶, 1922
Congrès géologique internationale (XIII Session, Bruxelles, 1922), Bureau d'études géologiques et minières coloniales, Tirage 1952.
- Central and East Africa, 1 : 4 · 10⁶, 1963
John Bartholomew and Son Ltd., Edinburgh, 1963.

BULLETINS DES STATIONS SEISMOGRAPHIQUES INSTITUT POUR LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE EN AFRIQUE CENTRALE

DE BREMAECKER, J.CL.	Vol. 1, Lwiro	1.5.53 - 31.12.53
DE BREMAECKER, J.CL.	Vol. 2, Lwiro, Uvira	1.1.54 - 30. 6.54
DE BREMAECKER, J.CL.	Vol. 2, Lwiro, Uvira	2.7.54 - 31.12.54
DE BREMAECKER, J.CL., BERG, E., SUTTON, G.	Vol. 3, No.1, No.2, Lwiro, Uvira, Astrida	1955
DE BREMAECKER, J.CL., SUTTON, G., BERG, E.	Vol. 4, No.1 Lwiro, Uvira, Astrida	1956

DE BREMAECKER, J.CL., BERG, E.	Vol.4, No.2	Lwiro, Uvira, Astrida	1956
DE BREMAECKER, J.CL., BERG, E.	Vol.5, No.1	Lwiro, Uvira, Astrida, Rumangabo	1957
DE BREMAECKER, J.CL., BERG, E., JANSSEN, T.	Vol.5, No.2	Lwiro, Uvira, Astrida, Rumangabo	1957
BERG, E., DE BREMAECKER, J.CL., JANSSEN, T.	Vol.6, No.1	Lwiro, Uvira, Astrida, Rumangabo	1958, 1
BERG, E., T.JANSSEN	Vol.6, No.2	Lwiro, Uvira, Astrida, Rumangabo	1958, 2
BERG, E., T.JANSSEN	Vol.7, No.1	Lwiro, Uvira, Astrida, Rumangabo	1959, 1
WOHLENBERG, J., T.JANSSEN, E.BERG	Vol.7, No.2	Lwiro, Uvira, Astrida, Rumangabo	1959, 2
WOHLENBERG, J., T.JANSSEN, E.BERG	Vol.8, No.1	Lwiro, Uvira, Astrida, Rumangabo	1960, 1
WOHLENBERG, J., T.JANSSEN, E.BERG	Vol.8, No.2	Lwiro, Uvira, Astrida, Rumangabo	1960, 2
WOHLENBERG, J. T.JANSSEN	Vol.9, No.1	Lwiro, Uvira, Astrida, Rumangabo	1961, 1
WOHLENBERG, J., T.JANSSEN	Vol.9, No. 2	Lwiro, Uvira, Astrida, Rumangabo	1961, 2
WOHLENBERG, J., T.JANSSEN	Vol.10, No.1	Lwiro, Uvira, Astrida, Rumangabo	1962, 1
WOHLENBERG, J., T.JANSSEN	Vol.10, No.2	Lwiro, Uvira, Astrida, Rumangabo	1962, 2
SCHMEDES, E., T.JANSSEN	Vol.11, No.1	Lwiro, Uvira, Astrida	1963, 1
SCHMEDES, E., T.JANSSEN	Vol.11, No.2	Lwiro, Uvira, Astrida	1963, 2

PUBLICATION MENSUELLE DE LA SECTION GEOPHYSIQUE CONGO BELGE ET
RUANDA-URUNDI - SERVICE METEOROLOGIQUE

Données des Stations de Leopoldville - Binza
Elisabethville - Karavia

IV. Année No. 4, Avril 1959

IV. Année No. 5, Mai 1959

IV. Année No. 6, 1959

IV. Année No.12, Dec. 1959

ERLÄUTERUNGEN ZUM ANHANG

Der Anhang setzt sich zusammen aus einem Teil a und einem Teil b. Der Teil a enthält Daten von 74 ausgewählten Beben, die zur Bestimmung der Herdtiefe im westlichen Grabensystem herangezogen wurden. Die Auswahl der Beben erfolgte aus folgenden Gesichtspunkten:

- (1) Das Beben mußte an mindestens 3 Stationen des IRSAC-Stationsnetzes registriert sein.
- (2) P- und S-Phasen sollten klar erkennbar sein.
- (3) Die Epizentralentfernung zu mindestens einer Station sollte 100 km nicht überschreiten.

Die Beben fanden in den Jahren 1958, 1959 und 1960 statt. Die Magnitude der Beben ist im allgemeinen $M \geq 2.0$, in 5 Fällen ist $M < 2.0$. Die Herdtiefe der Beben wurde mittels einer geometrischen Methode unter Benutzung der Laufzeittabellen von JEFFREYS und BULLEN, 1948, bestimmt (J. WOHLLENBERG, Seismizität der Ostafrikanischen Grabenzonen zwischen 4°N und 12°S sowie 23°E und 40°E , Dissertation, München, 1967).

Der Teil b des Anhangs enthält Daten aller Nahbeben, die an den IRSAC-Stationen zwischen 1956 und 1963 aufgezeichnet wurden. Die Ermittlung der Herddaten erfolgte ebenfalls mittels der oben genannten geometrischen Methode unter Benutzung der Laufzeitkurven von JEFFREYS und BULLEN, 1948. Das Material ist den Jahresberichten der Seismologischen Stationen des IRSAC entnommen. Die Berichte von 1956, 1957 und 1958,1 wurden von J. CL. DE BREMAECKER, ED. BERG und T. JANSSEN, von 1958,2 und 1959,1 von ED. BERG und T. JANSSEN, von 1959,2, 1960, 1961 und 1962 von J. WOHLLENBERG und T. JANSSEN und von 1963 von E. SCHMEDES und T. JANSSEN angefertigt.

In den Tabellen bedeutet:

N = Zahl der Stationen, die zur Ermittlung der Herddaten beigetragen haben.

D = Epizentraldistanz zur Station Lwiro.

Mag. = Magnitude, ermittelt auf der Basis von Registrierungen der WOOD-ANDERSON Torsionsseismometern an der Station Lwiro.

H = Herdtiefe in km.

Ist bei den Angaben über die Herdzeit an Stelle der Sekunden ein P, S oder M eingetragen, so bedeutet dies, daß die Herdzeit nicht ermittelt werden konnte und an ihrer Stelle die ungefähre Ankunftszeit der P- oder S-Phase oder des Maximums angegeben wird.

A N H A N G

A. HERDDATEN ZUR TIEFENBESTIMMUNG

1958, 1959, 1960

LWIRO, UVIRA, ASTRIDA, RUMANGABO

Datum	Herdzeit GMT	Epizentrum	Zahl d. Stat.	Mag. Lwi.	Herdtiefe h (km)
7. 1.58	10-42-03	2,70 S 28,72 E	3	2.4	15-17
14. 1.58	01-57-39	3,50 S 28,0 E	3	4.0	40
15. 1.58	01-13-52	2,93 S 29,02 E	3	2	0
21. 1.58	18-45-57	3,24 S 29,19 E	3	2	23
28. 2.58	01-43-16,2	2,66 S 29,37 E	3	2.2	10
21. 3.58	16-29-23,4	2,50 S 29,0 E	4	3	19
10. 4.58	10-56-27,6	2,70 S 28,51 E	3	2	11
25. 4.58	21-45-41	2,33 S 28,83 E	4	4	25
9. 5.58	09-19-41,2	2,09 S 28,95 E	3	2.3	14
17. 5.58	19-19-56,0	2,63 S 28,78 E	4	2	19
17. 5.58	19-21-06,0	2,48 S 28,79 E	4	2.2	33
17. 5.58	19-50-50,6	2,64 S 28,75 E	3	2	0
6. 8.58	10-35-05,3	1,34 S 29,22 E	3	1.5	26
8. 8.58	01-40-24,6	1,37 S 29,23 E	4	2.8	14
8. 8.58	06-46-34,2	1,40 S 29,27 E	3	1.6	29
8. 8.58	11-35-23,0	1,34 S 29,25 E	3	1.6	19
12. 9.58	23-18-51,0	3,25 S 29,25 E	3	2.5	0
23.10.58	17-09-39,9	1,46 S 29,64 E	3	2.1	17
25.10.58	06-21-59,8	3,19 S 28,35 E	3	2.2	38
26.10.58	22-56-13,1	3,46 S 29,15 E	3	2.0	14
12.11.58	07-19-07,5	1,46 S 29,58 E	4	2.2	21
28.11.58	16-58-33,7	2,16 S 29,07 E	3	2.2	23
2.12.58	09-23-11,0	1,12 S 30,03 E	3	2.9	37
8.12.58	19-00-33,8	1,37 S 29,50 E	4	2.1	15
28.12.58	16-34-13,8	2,23 S 29,05 E	4	2.8	12

*) Unter Mitbenutzung der Station Entebbe

Datum	Herdzeit GMT	Epizentrum	Zahl d. Stat.	Mag. Lwi.	Herdtiefe h (km)
4. 1.59	18-38-38,2	0,90 S 29,40 E	4	3.2	48
9. 1.59	15-25-44,2	2,83 S 29,01 E	3	2.8	0
24. 1.59	12-23-21,1	2,60 S 28,79 E	3	2.4	20
21. 3.59	18-43-00,0	1,91 S 29,20 E	3	2.8	17
23. 3.59	08-35-21,6	2,41 S 28,84 E	4	2.0	19
23. 3.59	23-31-48,9	1,87 S 29,18 E	3	2.4	14
8. 4.59	16-48-06,1	2,79 S 28,51 E	4	2.2	19
16. 4.59	16-58-21,8	1,10 S 29,38 E	4	2.7	28
27. 4.59	23-06-31,1	2,06 S 29,26 E	3	2.0	14
6. 5.59	00-12-35,4	2,45 S 28,85 E	4	2.1	5
6. 5.59	02-49-29,3	2,64 S 29,48 E	3	1.9	0
4. 6.59	22-42-14,7	1,54 S 28,59 E	4	2.3	27
5. 6.59	19-06-28,6	2,95 S 29,50 E	4	3.4	10
9. 6.59	14-47-25,5	0,95 S 29,25 E	4	3.2	33
12. 6.59	08-54-23,1	3,75 S 29,33 E	3	3.3	25
25. 6.59	01-29-33,9	2,69 S 28,67 E	4	1.4	0
4. 7.59	22-13-16	2,84 S 29,43 E	4	3.1	17
19. 7.59	12-20-55	1,66 S 28,32 E	4	3.4	27
27. 7.59	20-48-52	1,69 S 28,31 E	4	3.1	30
19. 8.59	05-14-21	1,33 S 28,75 E	4	3.3	30
22. 8.59	16-32-27,0	1,50 S 28,75 E	5	3.8	20 *)
24. 8.59	21-52-48	1,25 S 29,35 E	4	3.0	30
4.10.59	12-56-02,7	3,58 S 29,22 E	4	2.6	32
5.10.59	11-27-51,0	1,30 S 29,60 E	4	3.1	16
18.10.59	20-04-21,0	0,91 S 29,42 E	3	2.4	37
5.11.59	01-50-53,7	2,26 S 29,45 E	4	2.5	17
5.11.59	13-25-43,3	2,64 S 29,09 E	4	3.8	0

Datum	Herdzeit GMT	Epizentrum	Zahl d. Stat.	Mag. Lwi.	Herdtiefe h (km)
8.11.59	19-18-35,0	2,79 S 28,98 E	4	2.6	0
9.11.59	16-47-33,5	1,49 S 28,94 E	4	3.1	26
28.11.59	19-37-57,9	3,34 S 29,47 E	4	2.8	14
18.12.59	18-11-58,5	2,48 S 28,74 E	4	2.6	8
26.12.59	13-10-07,7	2,03 S 29,30 E	4	3.3	14
30.12.59	16-45-55	2,70 S 28,75 E	3	3.0	0
12. 1.60	21-32-25	4,75 S 28,75 E	3	3.8	55
14. 2.60	00-53-58,7	3,25 S 28,76 E	4	3.7	63
20. 3.60	11-44-26	1,07 S 29,50 E	4	3.2	27-28
28. 3.60	17-45-21	2,25 S 29,0 E	4	3.0	15-20
15. 4.60	08-45-51,4	1,25 S 29,34 E	4	3.0	25
1. 5.60	19-50-02,3	3,08 S 28,83 E	4	3.0	0
15. 5.60	00-12-58	3,70 S 29,17 E	4	3.8	35
21. 5.60	03-24-39,4	4,0 S 28,76 E	3	3.2	34
25. 5.60	04-26-27,0	1,08 S 29,50 E	4	3.0	36
4. 6.60	10-01-07,2	3,67 S 29,17 E	3	3.3	34
7. 6.60	19-51-38,6	3,50 S 29,10 E	4	3.9	31
11. 6.60	12-44-35,0	1,91 S 29,0 E	3	2.1	0
5. 7.60	10-15-31,5	4,50 S 29,17 E	4	3.7	75
23. 7.60	05-23-30,1	3,83 S 29,0 E	3	3.5	55
8. 8.60	06-28-42,8	1,43 S 29,25 E	3	2.3	22
12. 9.60	21-45-16	3,0 S 29,16 E	4	3.3	22

B. HERDDATEN ZUR EPIZENTRENBESTIMMUNG
1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963
LWIRO, UVIRA, ASTRIDA, RUMANGABO, DELCOMMUNE

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Lwi.	Bemerk.
10.1.56	09-19-20	4 S	29	2	3		
12.1.56	15-57-30			2	1500	6	wahrsch. Nyassal.
26.1.56	08-48/ P	6 S	31	3		3 3/4	
28.1.56	17-07-49	1 1/4 N	29 3/4	3	400	4	1/4
1.2.56	06-38-38,5	3 3/4 S	28 1/4	3		3 1/2	
3.2.56	21-38-02	3 3/4 S	30	2	5	1/4	
4.2.56	21-12-07			2	470	6 1/4	Reg. Tan- gany.-See
8.2.56	09-49-29	5 S	29 1/4	2	320	3 1/2	
9.2.56	13-33-33	3 3/4 S	28 1/2	3		3	
9.2.56	17-35/ P			3	330	3 1/2	SW Uganda
11.2.56	10-58-34	5 1/4 S	29 1/2	3	350	4 1/2	
15.2.56	10-34-23	3 3/4 S	29 1/4	3		3 1/2	
23.2.56	02-00-53	3 N	31	2	650	4 1/2	
24.2.56	15-43-50	7 S	33	3	750	4	
28.2.56	23-42/ P			2	580	3	zweifelh.
8.3.56	16-13-35	0	30 1/2	3	300	3 3/4-4	
9.3.56	23-52/ P			2		3 3/4	
13.3.56	17-48-12	1/4 S	27 3/4	3	240	4	
15.3.56	11-58/ P			3	500	3 1/2	
16.3.56	11-40/ P			3	700	4 1/2	wahrsch. S v. Vik- toriasee
21.3.56	07-28-16	3 1/2 S	29	3	140	3	Reg. S v. Tang.-See
23.3.56	23-57/ P			1	400		
26.3.56	22-52/ P			2	350	3 1/2	
27.3.56	11-36-16	1 1/2 S	28 3/4	3	90	3 1/4	
27.3.56	14-40-27	1 1/2 S	28 3/4	3		3 1/4-1/2	
29.3.56	04-11-39	4 S	35	2	700	5	
4.4.56	21-21-17	5 S	35,2	2	780-800	6 1/2	
4.4.56	23-06/ P			2	50	3	
						1/4	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. lwi.	Bemerk.
5.4.56	00-58/ P			2	785-800	4 3/4	Tangany.
5.4.56	04-05/ S			2	800	4	Tangany.
6.4.56	05-39/ S			1		4 1/4	
9.4.56	06-18/ P			1	680	4 1/4	
11.4.56	20-33/ P			1	450	4 1/4	N v. Nyassasee
14.4.56	16-57/ P			1	500	4 3/4	
15.5.56	15-45/ P	3 S	28 1/4	3	130	3 1/4	
2.6.56	11-19-33	1 1/2 S	28 1/2	3	100	3 1/4	
4.6.56	15-56-29			2	70	4	ca. 80 km W Lwi.
7.6.56	09-12-22	1/4 N	30,5	3	320	3 1/4	
8.6.56	12-19/ P			3	70	3	ca. 60 km SSE Lwi.
11.6.56	10-26-28	3,5 S	29,5	3	145	3	
13.6.56	05-19-44	4 3/4 S	30 1/4	3	300	3 3/4	
14.6.56	09-16-13			3	40	3 1/4	40 km NW Lwi.
17.6.56	02-27-40	5 S	29	3	300	4	
17.6.56	04-40-27	3 3/4 S	29 1/2	3	200	3 3/4-4	
18.6.56	21-30-03			2	500	4 1/4	NW v. Albertsee
28.6.56	14-44-13	4,5 S	30,5	2	310	4	
29.6.56	05-20/ P			2	750	4 1/2	
29.6.56	10-57-06	5 S	22	3	790	5 1/2	
16.7.56	20-09-32	4 1/4 S	30	3	270	4	
6.8.56	17-39/ P			3	1200	6-6 1/4	Kenya?
10.8.56	05-50-00			3	150	4	ca. 100 km SW Bukavu
10.8.56	05-56-08	3 1/2 S	28	3		3	
10.8.56	10-17-27	3 3/4 S	28 1/4	3		3 1/2	
10.8.56	11-30-51	3 3/4 S	28	3	160	3 1/2	
13.8.56	21-05-27	4 1/2 S	30	2	240	3 1/2	
18.8.56	19-29-20	2 N	30	3	580	5	
24.8.56	10-23-51	1 1/2 N	31 1/2	3	490	5	
4.9.56	02-54-14	1 N	30	3	380	3 1/2	
6.9.56	14-37-39	5,5 S	28	3	370	4-4 1/4	
16.9.56	02-01-48	0	29 1/2	3	280	3	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. lwi.	Bemerk.
16.9.56	07-13-03	1 N	30 1/2	3		4 3/4	
17.9.56	22-40-00	9,7 S	34,2	3	1050	6	
19.9.56	19-27-43	3 1/2 S	30 3/4	3	250	3 1/2-4	
21.9.56	05-16-19	3 1/2 S	29	3	135	3 3/4-4	
21.9.56	19-41-43	4 1/2 S	29 1/2	3	270	3 1/4	
24.9.56	16-33-11	1 1/4 S	28 3/4	2		3 1/4	
30.9.56	00-06-56	1 1/4 S	27	3		3 1/2	
3.10.56	03-08-59	3 3/4 S	28 1/4	3	190	3	
11.10.56	09-43-33,6			1	160	3 3/4	
12.10.56	21-03-27	3 1/2 S	29 1/4	3	160	5	
12.10.56	21-17-18			1	150	4 1/4	
12.10.56	21-46-10			1		3	
19.10.56	12-32-39	3 1/4 S	30	2	170	3	
23.10.56	04-48-32	1 1/4 S	28 1/2	2			
10.11.56	22-40-44	2 S	34	3	520	5	
14.11.56	12-03-25	1/2 S	29	3	190	4	
17.11.56	13-41-40	1 S	29	3	150	3 1/2	
21.11.56	16-09-02	1/2 N	29 1/2	3	360	4 1/2-4 3/4	
24.11.56	21-01-57	3 3/4 S	29	2	190	3 3/4	
1.12.56	22-03-17	4 S	31	3		5	
15.12.56	08-39-16,5	3 1/2 S	28 1/4	3	150	3 1/4	
16.12.56	21-24-17	3 1/2 S	29 1/4	1		4	
17.12.56	15-07-56	0	30	3	270	3	Reg. Elisa-bethville
19.12.56	04-51 m			1	1000	5	
2.1.57	23-06-19,1			1	465	4.5/Ada.	
3.1.57	01-47-13	5 S	38	1	950	5.5/Ada.	
6.1.57	18-45/ P			1	1250	5.3	SW Äthiop.?
7.1.57	01-02-40	1 N	30	3		3.2	
7.1.57	01-24-30	0	30	2	306	3.5	
7.1.57	12-20-57			2	160	3 1/2	
9.1.57	23-10-50	3,4 S	2,10	2	163	3	
10.1.57	01-20-59			2	725	4 1/4	wahr. ost-afr. Grab.
10.1.57	04-53/ P			2	515	4.1	NE Congo?
12.1.57	13-27-39	1.5 S	29,5	2	136	3.2	
13.1.57	16-59/ P			2	620	4	unvollst.
13.1.57	19-42/ M			2	600	4/Ada.	
15.1.57	03-09/ P			2	750	4.8	wahr. ost-afr. Grab.

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Iwi.	Bemerkungen
15. 1.57	22-54-51	1,5 S	27	2		4.1	
16. 1.57	16-33/ P			1	290	3.8/Ada. S Vikt.-see	
22. 1.57	11-18-27	4,5 S	28,5	2		6 1/4	
22. 1.57	16-53/ P	4,5 S	28,5	2	260/A.3-3.5		
22. 1.57	17-16/ P	4,5 S	28,5	2	250/A. 5		
24. 1.57	14-15/ S			2		4 1/4	Kenya
25. 1.57	02-36-39	3 S	31	2	260	3.5	
28. 1.57	14-59/ P			2	245	3.1	unvollst.
28. 1.57	23-54/ P			2	670	4.8	wahr. ost-afr. Grab.
2. 2.57	05-59/ P			1	355	3.9	
4. 2.57	01-20/ P			1	700	5 3/4-6	Albertsee
5. 2.57	22-51-50,2			1		3	
6. 2.57	04-53-33,2			1	320	3.3	
7. 2.57	15-47/ P			1		4 1/2/U. SW Nairobi	
9. 2.57	00-10-21,5			1	198	3.5	
9. 2.57	16-47-11			1	210	3 1/2-3 3/4	
10. 2.57	10-49-04,2			1	59	3.3/U.	
10. 2.57	21-00-43			2	460	4.6	S v. Albert-ville
11. 2.57	07-09-44			1		4 1/4	
11. 2.57	10-03-12,2			1	370	3.2	
11. 2.57	23-46/ P			1	170	3 1/2	
12. 2.57	07-00-05			1	290	3 1/4	
14. 2.57	13-01-58			1	190	3 3/4-4	unvollst.
15. 2.57	13-00/ P			2	300	3.2	unvollst.
16. 2.57	20-15-34	3,30 S	29,10	2	158	3.3	
20. 2.57	18-02-51	1 1/2S	29 1/2	2	130	3.1	
20. 2.57	19-01-25	1,20 S	29 1/2	2	130	3 1/2	
24. 1.57	04-44-23,5	3,30 S	29,10	1	158	3.3	
24. 2.57	05-30-00	3,30 S	29,10	1	150	4.7	
27. 2.57	18-11/ S			2	820	5	ostafr. Graben?
28. 2.57	06-57/ P			3	410	4.1	unvollst.
3. 3.57	07-53-57	3 S	29,30	3		3.7	
3. 3.57	12-33/ P			3	750	4.9	SE Belg. Congo
9. 3.57	01-29-57	1 S	30	4	190	3	
9. 3.57	11-25-09	4 S	34	4	660	4	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Iwi.	Bemerkungen
13.3.57	03-34-42	1/4 S	29,5	4	240	3 3/4	
16.3.57	19-56/ P			2	292	3.5	unvollst.
18.3.57	16-06/ P			3	1300	5	
18.3.57	21-58-30	6 S	27	3	450	4 1/2	
19.3.57	17-41-59	1,5 S	28,5	3	90	3	
20.3.57	16-37-06	1 S	29,5	3	170	3.5	
20.3.57	19-19-54	1 1/2S	30	3	160	4 1/2	
20.3.57	20-07-28	1 S	29,5	3	160	3 1/4	
21.3.57	19-43-10	1 1/4S	28 1/2	3		3.1	
24.3.57	22-19/ P			2		3.1	unvollst.
26.3.57	02-33/ P			3	900	4 3/4	
26.3.57	14-29/ P			2	600	4.5	ostafr. Grab.?
26.3.57	16-59-51	4,5 S	28,5	3	250	4	
27.3.57	04-04-09			3		3 1/2	Uvira
28.3.57	23-31-37	1/2 S	28 3/4	3	210	3 1/4	
29.3.57	21-33-26	2 S	25	2	450	4 1/4	
31.3.57	11-55/ P			2	510	5.1	ostafr. Grab.?
3.4.57	09-19-06	2 S	31	3	230	4	
4.4.57	18-25-19	3 S	26 1/2	2	290	3 1/4	
8.4.57	13-57/ P			2			Äquator. Afr. unvollst.
11.4.57	22-01/ P			1	930	5.3?	unvollst.
13.4.57	14-20/ P			3	630	4 1/4	Reg. v. Manono?
14.4.57	08-18/ P	3,5 S	29	3	130	3	
15.4.57	02-26/ P			3	240	3.5	Reg. v. Fizi?
15.4.57	16-31/ P			2	242	3.2	
20.4.57	04-47/ P			2	532	3.4	S v. Tang. See
21.4.57	15-51/ P			1	150	3	
1.5.57	08-37-50,7			1	645	4-4 1/4	ostafr. Grab.?
10.5.57	06-31-39	1 1/2S	28 3/4	4	77	3.5	
11.5.57	05-12/ P			4	720	4 3/4	ost. Graben
11.5.57	05-29/ P			3	454	3.3/U.	wahr. S v. Tangany. See
15.5.57	00-59-54	1,30 S	29,40	2	85	3	
15.5.57	09-41/ P			2	500	4.2	S v. Tangany. See?
16.5.57	04-46-46	7 S	30	3	450	4.8	wahr. Reg. v. Baudouinville
16.5.57	07-05/ P			1	151	3.2	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Iwi.	Bemerkungen
21.5.57	01-50/ P	1 S	29	2		3.5/Ada.	
22.5.57	09-47-26	4,5 S	30	4	300	4	
22.5.57	17-25/ P	0	30	4	312	3.7	
25.5.57	18-33-02	7 1/4 S	30	3	570	5 1/2-5 3/4	
28.5.57	12-21/ P			3	500	3.8	Reg.v. Albertville
29.5.57	21-30/ S			4	675	4.5/A.	ost.Grab.?
1.6.57	01-02/ P			3	468	4 1/2	n.Dodoma
2.6.57	04-31/ P			4	600	4	wahr.Tangany.
5.6.57	15-39-50	5,5 S	27,5	2		3.8	
6.6.57	21-57-41	2 S	29	3	27	3	
7.6.57	07-59/ P			3	410	3 3/4	wahr.Tangany.
10.6.57	21-25-15	1,3 S	28,4	3	78	3	
11.6.57	00-17-49	2,5 S	29	3	60	3	
12.6.57	04-48-06	3 S	28,5	3	100	3	
13.6.57	12-11-02	1,5 S	27,5	3	165	3.1	
14.6.57	07-12/ P			2	1280	5	wahr.Rhodes.
16.6.57	07-34-41	2 S	29	3	50	3	
17.6.57	15-34-34	2 S	29	4		3	
18.6.57	19-23/ P			4		3.5/R.	Virunga
19.6.57	08-59/ P			2	800	3.9	
19.6.57	11-05/ P			2	800	5	
22.6.57	18-18-02	1,5 S	29,5	4	137	3	
23.6.57	15-06-10	1,10 S	29,30	3	139	3 3/4	
23.6.57	16-47-52	1,5 S	29,5	4	135	3	
23.6.57	19-01-00	1,5 S	29,5	4	135	3 3/4	
27.6.57	03-35-08	1,5 S	29,5	3	230	3.5	
28.6.57	15-08-45	1,5 S	29,5	3	130	3.8	
1.7.57	09-41/ P			4	750	4.1	
2.7.57	18-02-34	1,5 S	29,5	3	142	3	
3.7.57	09-29-32	1,5 S	29,5	3	139	4.2/A.	
3.7.57	15-51-46	2,5 S	27	3	220	4 3/4	
4.7.57	02-26/ P			3	750	3.5	
5.7.57	01-39-04	0	30	3	287	3.2	ost.Grab.
5.7.57	05-29/ P			4	880	5 1/4	ost.Grab.
5.7.57	09-14/ P			2	635	3.9	
Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Iwi.	Bemerkungen
5.7.57	14-12/ P			3	745	5 1/2	wahr.Dodoma
5.7.57	15-32-03	1,40S	26,5	4	260	5.6	
5.7.57	23-26-17	2 S	30	3	34	3	
6.7.57	18-49/ P			1	131	3.4	ost.Virunga
9.7.57	22-24-47	0,20S	29,5	3	280	4 3/4	
9.7.57	22-58-23	1/2 N	29	3	310	3.7	
10.7.57	00-05-58	0	29,5	3	280	4	
10.7.57	14-07/ P			1	132	3.7/A.	ost.Virunga
10.7.57	15-18/ S			2		3.3	
10.7.57	23-54-36	0	29,5	3	275	3.5	
11.7.57	15-51-50	2,5 S	27	4	290	3.4	
14.7.57	18-49-07	0,4 S	29	4	172	3	
16.7.57	13-24-19	5 S	29	3	340	4-4 1/4	
16.7.57	16-11-42	2 S	26	3	310	3	
16.7.57	22-58-31	4 S	27,5	3	223	3.5	
17.7.57	00-28-48	5 S	26,5	3	370	3 3/4	
18.7.57	23-26-43	5 S	35	3	770	4 3/4	
19.7.57	17-08-45	2,5 S	29,5	3	135	4 1/4	
21.7.57	08-58/ P	1 S	26	3	331	3.3	
21.7.57	13-09-22	6 S	30	3	425	3.2	
23.7.57	23-17-24	1,5 S	29,5	4	126	3 3/4	
24.7.57	00-32-45	1,5 N	29,5	4	117	3.5	
24.7.57	04-48-34	1,5 S	29,5	4	124	3	
24.7.57	07-41/ P			2	550	4.7/A.	Uganda?
26.7.57	07-17-17	3,5 S	29	4	149	3.3	
27.7.57	00-17/ P			1		3.3/R.	ost.Virunga
27.7.57	00-18/ P			4	127	3	
27.7.57	00-17-57	1,5 S	29,5	1		3.6/R.	
27.7.57	20-14-28	1,5 S	29,5	3	126	4.3	
27.7.57	20-27/ P			3	900	5	wahr.S v. Tang. See
28.7.57	02-26-58	1,5 S	29,5	3	124	3 1/4	
29.7.57	00-18-44	2 S	26,5	4	260	3.7	
30.7.57	01-38-37	1 S	28	4	188	3	
2.8.57	00-26/ P			3		4.6	wahr.ostafr. Graben
5.8.57	07-13-48	1 S	27	4	245	3.8	
6.8.57	05-02-45	0	29,5	2	250	4 1/4	
9.8.57	22-31/ P			4	570	3 3/4	wahr. Upemba-See

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Iwi.	Bemerkungen
11.8.57	00-39-13	1 S	29	4		4.1	
12.8.57	07-21-32			2	255	3	wahr. 20km SW v. Butambo
13.8.57	11-15-39	1,5 S	27,5	3	170	4.1	
14.8.57	05-50-19	3 S	29,2	3	100	3.5	
15.8.57	12-00-33			4	640	5	wahr. nahe Eyasi-See
17.8.57	08-44/ P			3	750	4	wahr. ost. Grab.
18.8.57	19-47-05	8 S	29	4	690	6-6 1/4	
19.8.57	04-33-48	4,5 S	29,5	4	240	4 1/4	
19.8.57	22-33/ P			4	300	3	ca. 60 km S v. Tangany. See
20.8.57	08-35/ P			2	750	4 1/4	wahr. ost. Grab.
21.8.57	19-39/ P			4	300	3	Reg. v. Lubutu?
22.8.57	18-08-06	1,5 S	29,5	3	126	3	
28.8.57	14-16-02	3 S	28	2	141	3.6	
29.8.57	12-46/ P			2	690	4.3	Manganyika
29.8.57	19-10/ P			2	1100	5.1	
29.8.57	19-11/ P			2	310	3.4	Ruwenzori?
1.9.57	16-32-10	0	36	2		6.2	
4.9.57	01-00-48	4 S	30	2	202	3	
5.9.57	07-19-23	14 S	33	2		5.8	
5.9.57	07-26/ P	14 S	33	2		6.6	
6.9.57	18-26-13	2 S	27,5	2	165	3	
7.9.57	10-52/ P			2	240	3.2	ost. Virunga
7.9.57	12-35/ P			2	224	3.1/U.	W-Flanke v. Miken
7.9.57	14-05-49	2,5 S	29,5	1		4/U.	
8.9.57	03-37-33	1,5 S	29,5	2	240	3.7/U.	
8.9.57	09-05/ P			2		3.2/U.	
8.9.57	17-04/ P	1,5 S	29,5	2		3.5/U.	
8.9.57	18-13-15	1,5 S	29,5	2		3.7/U.	
8.9.57	20-40/ P			1	237	3.1/U.	
8.9.57	22-51/ P	1,5 S	29,5	2		3.2/U.	
9.9.57	05-24/ P	1,5 S	29,5	2		3.2/U.	
10.9.57	17-02-44			1		3.5/A.	20km NE v. Lwiro
11.9.57	11-07-09	1,5 S	29,5	2	245	3.5/U.	
13.9.57	05-29-47	3,5 S	29	2		3.8/R.	
14.9.57	00-40-48	1,10S	29,40	2	255	4.6/U.	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Iwi.	Bemerkungen
14. 9.57	02-12/ P			2	725	4 3/4/U	wahr. ost. Graben
14. 9.57	19-23-11	1,5 S	29,5	2	250	3.8/U	
16. 9.57	09-06-00	1,1 S	29,5	2	140	3.5	
18. 9.57	14-02-51	4 S	34	2	715	4.3	
18. 9.57	04-14/ P			3	720	5.5	wahr. Eyasi-S.
19. 9.57	13-59-35	1,2 S	29,4	3	140	3 1/2	
19. 9.57	14-11-48	1,2 S	29,3	3	147	3	
22: 9.57	01-57-10	1,5 S	30	1	148	3	
22. 9.57	06-31-33	1 S	29	1	255	3.1	
22. 9.57	11-11/ P			1	3		E v. Ost-Virung
23. 9.57	00-51/ P	1,5 S	30	1	155	3	
23. 9.57	17-06-22	1,2 S	29,4	1	145	3.4	
24. 9.57	03-31-16	1,2 S	29,4	1	143	3	
24. 9.57	06-12-53	1,5 S	30	3	158	5/A. 4.8/U.	
24. 9.57	08-07-46	1,2 S	29,4	1	140	3.7	
24. 9.57	09-48-46	1,2 S	30	1	171	3.1	
25. 9.57	15-01-50	1,2 S	29,3	2		3.1	
26. 9.57	12-52-11	0,2 S	29,3	1	200	3.2	
27. 9.57	03-20-36	1,2 S	29,4	2	147	3.6	
27. 9.57	05-57-25	1,5 S	27,5	2	175	4	
27. 9.57	08-56-09	1,3 S	29,5	2	140	3.7	
27. 9.57	09-44/ P	3,5 S	29	2	127	4.2	
27. 9.57	17-56-56	3,2 S	29	3		4.1	
27. 9.57	21-54-38	1,5 S	26 3/4	3	250	3.3	
28. 9.57	11-30-30	1,1 S	29,3	3	142	3.9	
28. 9.57	21-37-55			3	350	4 3/4	wahr. W-Ufer v. Tang. See zw. Fizi u. Albertv.
4.10.57	10-13/ P			2	150	3	ost. Virunga
5.10.57	06-33/ P			3	130	3-3 1/4	ost. Virunga
7.10.57	14-56-49	2,5 S	29	3	57	3 1/4	
8.10.57	16-41-08			3	730	5	wahr. ost. Grab.
8.10.57	19-40-19	1,5 S	30	3	150	3 1/2	
9.10.57	16-07/ P			2	500	3 1/2	
11.10.57	21-03/ P			3	141	3 3/4	Ost-Virunga
13.10.57	14-49-42	3,5 S	22	2		4 1/2	
15.10.57	14-33/ P			2		4.2	
16.10.57	15-55/ P			2		3.6	Ost-Virunga

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Lwi.	Bemerkungen
16.10.57	19-12-43			2	650	4 1/2	Tanganyika
17.10.57	02-51-50	12 S	34	2	1350	5	
18.10.57	00-27-29	1,2 S	29,3	2	127	3 1/2	
18.10.57	00-28-03	1,2 S	29,4	2	127	4 1/2	
18.10.57	05-25-04	1,1 S	29,5	2	135	3,1	
19.10.57	10-53/ P			2	900	4 1/4- 4 1/2	nicht über- einst.
19.10.57	12-09-01	1,2 S	29,3	3	130	4,1	
20.10.57	16-53-13	1,1 S	29,5	3	138	3	
22.10.57	01-27/ P			2		3 3/4	Reg. Albertsee?
22.10.57	04-22-22	4 S	29,2	3	205	3 1/2	
22.10.57	17-31-40			2	770	4 1/2	n. Tabora?
22.10.57	22-24-47	3,1 S	28,1	2	125	3-3 1/4	
23.10.57	01-59/ P			2	700	4 1/4	Uganda
23.10.57	04-46-59	1,3 S	29,2	3	110	3-3 1/4	
26.10.57	14-22-20	1 3/4 S	26	4	300	3 1/4	
26.10.57	23-03-16	1,2 S	29,3	4	132	3-3 1/4	
27.10.57	00-35-28			4		4	ca. 10 km SE v. Rumangabo
27.10.57	01-18-23	7 S	33	3	620	3 3/4	
27.10.57	02-01-56	1,5 S	29,5	4	135	3	
27.10.57	07-10-38			4	125	3	Rutshuru
30.10.57	10-52-24	1,5 S	29,5	4	125	3 1/2	
30.10.57	17-29-50	1 1/3 S	29,5	4	132	3,5	
1.11.57	19-22-19	0,2 N	29,4	3	300	3 3/4-4	
2.11.57	12-52/ P			4	350	3 3/4	n. übereinst.
4.11.57	03-19-57	1,2 S	29,3	4	130	3,4	
6.11.57	22-00/ P			2	510	4	ca. 500 km E v. Lwiro
13.11.57	08-49-54			3	1200	4 3/4	Rudolfsee
21.11.57	00-51/ P			3	140	3 1/4	S-Abhang v. Sabinyo
21.11.57	20-30-19	4 S	34	2	575	4	
22.11.57	16-04/ P			2	650	4	ca. 100 km E v. Tabora
23.11.57	20-17-30	1 N	32	3	570	4	
24.11.57	19-27-43	1,1 S	29,1	3	132	3 1/4- 3 1/2	
25.11.57	11-47/ P			3	420	4	
28.11.57	04-13-47	0	29,5	3	285	3	
1.12.57	19-01-21	1 1/4 S	28	4	125	4 3/4	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Lwi.	Bemerkungen
2.12.57	11-22-17			4	720	4,4	
3.12.57	19-25/ P			4	600	4 1/2	
5.12.57	14-12-41	1,3 S	29,4	4	90	3	
5.12.57	16-22-22	0,5 N	28	3	335	3,2	
6.12.57	07-03-35	1/4 N	29	3	280	3,8	
8.12.57	02-42-45	3,5 S	28	4	175	3	
8.12.57	04-28-26	2 S	29,1	4	50	3,9	
8.12.57	16-28/ P			4	140	3	Ost-Virunga
9.12.57	16-09/ P			3	640	3,7	ostaf. Graben
9.12.57	18-23-01	1 S	28	3	133	3,2	
12.12.57	16-58-19	1,5 S	28	3	130	3,4	
13.12.57	09-44/ P			3	600	5	
21.12.57	09-06/ P			3	660	4,7	S v. Tang. See?
21.12.57	15-46/ P			3	420	3,7	n. Albertville?
21.12.57	19-31-43	6 S	29	3	435	3	
24.12.57	17-55/ P			3	310	3	wahr. n. Lubutu
9. 1.58	06-32-08	1,1 S	29,2	2	170	3 1/4	
14. 1.58	01-57-39	3,5 S	28	3	160	4,0	
17. 1.58	19-58/ P			3	500	3,7	ost. Graben?
23. 1.58	23-18/ P			3	450	3,2	Albertville
24. 1.58	09-29/ P			3	750	4,0	n. übereinst.
27. 1.58	03-36-00	1,3 S	29,4	2	130	3	
31. 1.58	22-14-10	3,3 S	29,1	2	135	3	
2. 2.58	20-41-31			2	285	3,1	ca. 130 km S v. Uvira
6. 2.58	01-47-24	3,2 S	29,1	3	140	4,6	
7. 2.58	13-17-33	1 S	29,2	4	160	3	
9. 2.58	06-46-41	3,3 S	29,1	3	140	3,1	
10. 2.58	15-17-51	5 S	31	2	410	4,6	
12. 2.58	15-40/ P			2	700	5	wahr. Tanganyika
13. 2.58	04-40/ P			2		3,4	wahr. Tanganyika
15. 2.58	19-39-42/46	4,5 S	34	3	660	4,3	
21. 2.58	01-03-18,5	6,5 S	34,6	2	900	4,5	
22. 2.58	19-56-49	1 S	27,5	3	200	4,2	
24. 2.58	03-08-06	2 S	34	3	560	4	
27. 2.58	22-11/ P			3	620	3,5	Upemba-See?
27. 2.58	22-20/ P			3	600	3,1	ost. Graben?
28. 2.58	22-25/ P			3	500	3,5	ost. Graben?

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.Lwi.	Bemerkungen
1.3.58	01-14-03	3,5 S	29	3	150	3.5	
1.3.58	14-43-59	1 S	34,5	3	800	4.4	
10.3.58	21-47-55	7,7 S	27,5	3	620	4.3	
15.3.58	15-07/ P			3	730	4	wahr.ost.Grab.
16.3.58	00-31-35			2	530	4.6	Südende v. Viktoriasee
16.3.58	14-23-39	5 S	34,5	3	700	5	
18.3.58	19-37-32	1,2 S	29,5	3	141	3.2	
18.3.58	20-52-25,1	5,8 S	33	3	650	4.0	
19.3.58	05-36/ P			2	520	3.8	unvollst.
19.3.58	14-59-10	0	30	3	290	3.7	
21.3.58	16-29-23	2,5 S	29	3	30	3	
23.3.58	02-34-18	2,3 S	27,4	4	118	3.8	
23.3.58	04-00-54	2,2 S	29	4	20	3.2	
24.3.58	23-09-21	3,3 S	29,1	3	145	3.2	
25.3.58	09-08-54	8 S	28/BGIS	3	630	5	
		7 S	32/Lwi.				
25.3.58	17-47-26	4 S	28,5	3	180	3.4	
25.3.58	23-57/ P			3	940	4.5	wahr.ost.Grab.
26.3.58	17-13/ S			3		3.2	unvollst.
31.3.58	16-16/ P			2	700	4.4	wahr.ost.Grab.
2.4.58	00-39/ S			2		3.4	ost.Grab.?
5.4.58	13-40-42			3	280	3.2	ca.75km E v. Eduardsee/Ug.
6.4.58	01-39-28,0	3 S	29,1	3	90	4.2	
6.4.58	01-30-23	3 S	29,1	3	95	4.7	
6.4.58	02-05-18	3 S	29,1	2	96	3.7	
8.4.58	07-31/ P			2	900	4.1	ost.Graben?
15.4.58	22-20-35	0	20,5	4	330	5	
16.4.58	03-56-27	3 S	27,5	3	142	3	
16.4.58	05-15-38	0	31	3	340	3	
16.4.58	05-39/ P			2	280	3.2	unvollst.
21.4.58	10-57-30	3,5 S	29	3	135	3.1	
25.4.58	21-45-41	2,2 S	28,4	4		4.0	
30.4.58	01-16/ P			2	340	3	ca.200 km S v. Uvira
4.5.58	03-39/ P			3	600	3.4	ost.Graben
5.5.58	06-31-46	9 S	29	3	720	7.1	
5.5.58	07-24-31	9 S	29	3	900	4.4	
5.5.58	21-47-56	6,2 S	31,8	2	730	4 1/4	
Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.Lwi.	Bemerkungen
6.5.58	00-02-33	0	31,5	2	370	3.1	
6.5.58	02-46/ P			2	700	4.6	Moero-See
6.5.58	12-27-46	3,5 S	29,5	2	155	3.5	
11.5.58	18-23/ P			2	880	4.1	ost.Graben?
27.5.58	18-50/ P			2	600	3.7	unvollst.
28.5.58	02-43-52	3,5 S	29	2	145	3.4	
31.5.58	13-03-58	8 S	31,3	2	700	4.0	
2.6.58	00-41/ P			2	715	4.2	n.übereinst.
2.6.58	00-54/ P			2		3.9	unvollst.
2.6.58	02-42/ S			3		3.7	unvollst.
2.6.58	04-39/ P			3	460	3.5	Albertsee
2.6.58	09-36-26	3,5 S	29,5	3	157	3.1	
2.6.58	12-49-04	1 S	29,1	3	164	3.1	
3.6.58	22-06-53	1 S	25	3	406	3.9-4	
4.6.58	21-41-45	1 S	29	1	165	3.1	
8.6.58	02-17-38,5	3 S	35	3	717	4.5	
9.6.58	18-27/ P			3		3.0	n.übereinst.
19.6.58	03-28-26	3,2 S	29,4	2		3.1	
19.6.58	21-17/ P			2		4.5	unvollst.
19.6.58	21-47-50	4,2 S	28,2	1	243	3.5	
24.6.58	14-44-49	7,5 S	34	2	810	4.4	
26.6.58	13-06-29			2	420	3.5	120 km NE v. Ruwenzori
27.6.58	14-14-40	3,4 S	29,2	1	170	3.7	
2.7.58	12-53-14	0,1 S	31,3	2	350	3.9-4	
5.7.58	05-56/ P			4	900	4.2	
8.7.58	12-22-21	3,7 S	36	3	820	4.3	
9.7.58	20-41-27	1 3/4 S	27	2	200	3.1	
12.7.58	19-58/ P			3		3.5	
14.7.58	01-54-38	2 N	33	3	670	4.1	
15.7.58	00-53/ P			4	400	3.2	
16.7.58	21-58-20	12 S	30	4	1100	6.0	
18.7.58	07-17-57,5	1,4 S	27,9	3	140	3.2	
24.7.58	21-41/ P			3	175	3.2	50 km SSW v. Uvira
29.7.58	06-27-15	0,3 N	30,6	3	340	3.2	
5.8.58	13-47-06	5 S	35	3	790	5.6	
14.8.58	19-07-09			3	140	3.6	E v. Rumang.

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.Lwi.	Bemerkungen
19. 8. 58	22-42/ P			3		3 3/4	unvollst.
20. 8. 58	22-11/ P			2	490	3.5	
22. 8. 58	23-52-17,1	3,5 S	29,4	3	148	4.0	
26. 8. 58	01-40/ P			3	525	3.5	unvollst.
29. 8. 58	01-09/ P			3	400	3.3	n. übereinst.
29. 8. 58	01-28-07 6 1/2 S	6 1/4- 6 1/2 S	29 3/4	3	480	3.6	
30. 8. 58	16-54-23			2	140	3.0	unvollst.
2. 9. 58	00-58/ P			2	340	3.3	
2. 9. 58	13-26/ P			3		4	n. übereinst.
2. 9. 58	16-40-43			4	160	3.9	U.
2. 9. 58	17-06/ P			3	167	3.1	U.
7. 9. 58	20-55-17			2	645	3.6	unvollst.
9. 9. 58	03-57-53	5 1/4 S	29	3	345	3.5	
9. 9. 58	11-06-13	7 S	32	3	645	4.5	
9. 9. 58	16-40-43	5 1/4 S	29 1/2	3	330	4.0	
9. 9. 58	18-53-13,2			3	126	3.5	Ost-Virunga
13. 9. 58	03-53/ P			2		3.8/A.	
15. 9. 58	12-39/ P			2	335	3.1	unvollst.
16. 9. 58	15-43-06	6 1/4 S	30 1/2	3	495	3.7	
17. 9. 58	12-06/ P			2	65	3.1	unvollst.
21. 9. 58	21-24-40			2	30	3.4	W-Küste v. Idjwi
26. 9. 58	14-08/ P			3	310	3.1	n. übereinst.
28. 9. 58	04-34-25,1	1 1/2 S	27,5	3	165	4.1	
2. 10. 58	08-31/ P			1		3.1	
7. 10. 58	13-37/ P			2	440	3.5	unvollst.
9. 10. 58	01-14-53			4	134	3.0	
10. 10. 58	05-15-22			3	150	3	ca. 55 km E v. Usumbura
11. 10. 58	19-25-41	5 1/4 S	29	3	332	4.8	
13. 10. 58	03-06-04			3	127	3.9	127 km NW v. Lwiro
22. 10. 58	13-41/ P			2	195	3.4	
23. 10. 58	02-24/ P			2	620	3.8	unvollst.
26. 10. 58	03-07-11	1 3/4 N	32,5	3	595	3.7	
26. 10. 58	13-22-03	2 S	29 1/6	2	50	3.6	
27. 10. 58	15-52-29	2 S	29 1/6	4		4.2	
29. 10. 58	03-58-04			3	200	3.0	ca. 215 km W v. Uvira
30. 10. 58	11-49/ P			2		3.3/A.	ca. 120 km SW v. Uvira
31. 10. 58	13-51/ P			1	370	4 1/4	unvollst.
4. 11. 58	11-13-48	10 S	34	3	960	5.5/A.	
5. 11. 58	14-05-52	2 1/6 S	25 5/6	3	320	4.5	
5. 11. 58	20-10-22			2	150	3.2	ca. 100 km W v. Uvira
5. 11. 58	22-59/ P			2	900	4 1/4	unvollst.
7. 11. 58	13-49-07	0	26 1/4	4	375	5	
9. 11. 58	11-25/ P	5,5 S	30-31	2	430	4.3	
17. 11. 58	08-22-21			3	270	3.5- 3 3/4	ca. 160 km NE v. Rumangabo
23. 11. 58	19-37-28,7	2/3 N	29,5	3	333	3.2	
24. 11. 58	10-17/ P			2	700	3.9	unvollst.
24. 11. 58	19-12-57	4 3/4 S	28 3/4	4	275	4.6	
25. 11. 58	05-11-58	6 1/2 S	30 1/2	3	500	4.4	
29. 11. 58	04-23-15,2	7 1/4 S	31 3/4	3	630	5.5	
1. 12. 58	10-24-19,0	3 1/2 S	29 1/4	3	153	4.0	
1. 12. 58	10-51-03,5			3	154	3.1	U.
3. 12. 58	13-39/ P			3	134	3	Ost-Virunga
4. 12. 58	19-30-56,4	3 S	35 1/2	3	655	4 1/4- 4 1/2	
5. 12. 58	02-26-55	6 3/4 S	32 3/4	3	655	4 1/4- 4 1/2	
6. 12. 58	19-48-57	3 3/4 N	33	3	815	4.2	
12. 12. 58	18-34/ P			4	126	3.5	
12. 12. 58	23-13/ P			2	740	3.5	unvollst.
14. 12. 58	01-38-54)	1 1/2 S	26 3/4	3	265	4.1	
14. 12. 58	03-55/ P			2	457	3.0	unvollst.
15. 12. 58	23-42-25	2 N	31 3/4	4	635	4.2	
18. 12. 58	18-01/ P			4	750	4.0	ost. Graben
21. 12. 58	23-54-51,7	1 1/4 N	30 2/3	3	432	3.8	
22. 12. 58	04-03-17	6 1/4 S	30 1/4	4	470	3.9	
23. 12. 58	02-14-35	5 1/2 S	30	4	380	4.1	
2. 1. 59	00-55-25			3	625	3.4	ost. Graben?
2. 1. 59	04-32-55			3	670	4 1/2	ost. Graben
4. 1. 59	10-02-04,2			4	320	3.8	Ruwenzori
4. 1. 59	18-38-38,2	0,9 S	29,4	4	160	3.2	
5. 1. 59	15-01-04	4 1/4 S	30,5	4	290	3.7	
9. 1. 59	14-56-44	1/2 S	30 3/4	3	300	3.9	
12. 1. 59	22-05/ S			4	670	4.0	ost. Graben

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.lwi.	Bemerkungen
14.1.59	21-44/			4	850	4.0	
15.1.59	06-44-33			4	775	4 3/4-5	NE v. Uganda
15.1.59	11-52-07	0	30	4	260	3.1	unvollst.
15.1.59	23-02-32,0			4	270	4.5	
16.1.59	23-46/ S			4	1250	4.4	unvollst.
20.1.59	17-25-24,4	1/2 S	27	3	260	3.2	
21.1.59	00-50-52	3,6 S	28,5	3	157	3.3	
23.1.59	09-47-28	0,7 N	30,4	3	360	4.9	
23.1.59	10-09-43,1	0,7 N	30,5	3	370	3.0	
23.1.59	10-14/ S			3	360	3.0	wahr. Ruwenz.
23.1.59	10-21-00			3	395	3.1	wahr. Ruwenz.
23.1.59	12-28-30	0,9 S	30	3	365	3.1	
23.1.59	17-10-50			3	350	3.2	wahr. Ruwenz.
25.1.59	05-51-30			3	360	3.2	Ruwenzori
25.1.59	15-59-08	3,5 S	29,3	4	150	3.5	
27.1.59	05-43-58	0,8 N	30	4	365	4.2	
30.1.59	22-29-19			4	320	3.9	E-Ruwenzori
31.1.59	23-40-20			2	310	3.8	n. bestimmt
2.2.59	04-14-55			3	1000	4.9	zweifelh.
4.2.59	12-39-49,5	3/4 N	30,5	4	370	3.1	
6.2.59	04-55-16,6			4	250	3.2	wahr. NE v. Rumangabo
6.2.59	07-56/ P			4	370	3.3	
9.2.59	14-54-45,5			3	800	4.2	zweifelh.
10.2.59	09-07-36			3	700	4.8	wahr. SE v. Tangany. See
10.2.59	20-05-40			4	275	3.3	S-Ruwenzori
11.2.59	09-51/ P			3	1600	4.7	unvollst.
13.2.59	09-41-24,9	2 1/6 S	29 1/12	4	30	3.2	
13.2.59	10-59-13,0	2 1/6 S	29 1/12	4	30	3.9	
18.2.59	14-33/ P			4	1100-1200	5.0	n. übereinst.
19.2.59	03-15-33(5)	3/4 S	29 3/4	4	190	4.2	
23.2.59	13-03-07,7	5 1/4 S	29	3	320	3.0	
27.2.59	04-13-20,4	3 3/4 S	29 1/4	4	170	3.0	
27.2.59	09-47-31,1			4	700	3.8	wahr. SW v. Tangany. See
28.1.59	21-41-05	8 S	33	4	750	4.7	zweifelh.
1.3.59	16-43/ P			4	540	4	
2.3.59	12-10-36,3	5,5 S	28 3/4	3	360	3.8	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.lwi.	Bemerkungen
8.3.59	06-51-47			3	800	4.0	unvollst.
8.3.59	22-39/ P			3	1350	5.4	Ostafrika
10.3.59	00-27/ P			3	600	3.3-3.7	unsicher
10.3.59	00-43/ P			3	600	3.1	unvollst.
10.3.59	17-48-26	15,5 S	30 1/4	4	1500	6-6 1/4	
11.3.59	22-32-41	1 S	33 1/2	4	550	4.4	
14.3.59	15-20-13,4	1/2 N	29 3/4	4	350	3.6	
15.3.59	06-13-48,7	3 S	35 1/2	4	740	5.3	
15.3.59	18-08/ P			4	970	4.3	ost. Graben
17.3.59	14-40-54	2 1/4 S	28 3/4	3	20	3.2	wahr. 55 km N v. Usumbura
18.3.59	06-12-09,7			2	100	3.5	
19.3.59	21-52-09	4 1/2 S	30	4	275	4.4	
23.3.59	00-20-44			4	800	4 1/4	zweifelh.
25.3.59	01-19/ P			3	1000	4 1/4	n. übereinst.
30.3.59	15-56-22,1			2	625	3.6	unvollst.
2.4.59	19-26-14			3	270	3.1	wahr. NE v. Edwardsee
4.4.59	02-52-51,6	4 1/3 S	30	4	260	3.7	
7.4.59	11-55-33,6	3 1/2 S	38	3	1036	5.3	
11.4.59	12-49-48,5	3,5 S	34 1/4	4	730	4.3	
11.4.59	23-05-30	0	30	4	270	3.2	
14.4.59	09-36-54	15 S	22 1/4	4	1490	5 3/4	
15.4.59	05-57-15,4	1,5 S	28,5	3	90	3.2	n. übereinst.
15.4.59	12-29/ P			4	450	3.5	zweifelh.
15.4.59	12-34/ P			4	430	4 1/4	
20.4.59	14-15-30	5/6 N	29 5/6	4	360	3.4	
21.4.59	04-31/ P			4	700	4.5-4 3/4	ca. 100-150 km NW v. Moero-S.
21.4.59	07-43-00			4	1040	4.8	n. übereinst. Katanga?
22.4.59	04-20/ P			4	740	3.9-4	wahr. ost. Grab.
23.4.59	23-28-21	1/2 N	30	4	330	3.5	
26.4.59	03-17-24,9	6 S	29 3/4	3	430	3.0	
26.4.59	03-22-43,6	6 S	29	4	450	3.5	
28.4.59	10-56-18	4 1/2 S	33 1/2	4	560	4.8	
30.4.59	16-41/ P			4	700	4.7	zweifelh.
4.5.59	16-26-10	7 S	32	4	630	4.7	

Datum	Herzzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Lwi.	Bemerkungen
8.5.59	21-29-23			4	420	3.4	ca. 100 km E v. Albertville
10.5.59	10-25-19	3 S	34 1/2	4	610	4.2	
11.5.59	03-26/ P			3	390	3.1	n. übereinst.
17.5.59	11-39-48	4 1/3S	33	3	490	4.5	
17.5.59	19-03-36,6	6 1/2S	30 1/2	3	490	4.0	
18.5.59	14-08-22,8	3 1/2S	29	4	132	4.0	
18.5.59	21-46/ P			4	400	3.1	n. übereinst.
21.5.59	13-29/ P			4	570	3.4	n. übereinst.
22.5.59	08-09-48,4	1/2 S	30	4	230	3.8	
29.5.59	17-29-38,5	6,5 S	31	4	535	3.9	
1.6.59	17-57-54			3	1060	5	wahr. Nord-rhodesien
5.6.59	19-06-28,6	2 9/10S	29,5	4	80	3.4	
8.6.59	13-19-23,4			3	234	3.2	ca. 85 km W v. Fizi
9.6.59	14-47-25,5			4	154	3.2	ca. 50 km N v. Rumangabo
12.6.59	06-03-32,7			1	120	3.4	
12.6.59	08-54-23,1	3 3/4S	29 1/3	3	180	3.5	
13.6.59	06-07-28,4	3 S	29 1/4	2	95	3 3/4/A.	
19.6.59	11-58-52	1/2 S	30	4	260	5.0	
20.6.59	12-16/ P			4	590	4.4	wahr. ost. Grab
24.6.59	22-49-24			4	775	4.5	wahr. ost. Grab
25.6.59	00-55-55	1 3/4S	28 2/3	4	50	3.4	
25.6.59	00-57			3		3.1	
29.6.59	07-45-32,4			3	495	3.0	SE v. Lwiro (Tangany.)
1.7.59	14-33-31,8	1,5 S	29		165	3.0	
2.7.59	17-02/ P				1500		Nyassaland
4.7.59	22-13-16				100	3.1	ca. 45 km SE v. Astrida
5.7.59	09-46-41,5	1 1/2S	26 2/3		250	4.2	
6.7.59	01-34-28	1 N	30,5		435	3.0	
6.7.59	06-41-47				170	3.0	ca. 170 km WNW v. Lwiro
10.7.59	00-10/ P				476	3	wahr. ost. Grab
13.7.59	05-37-55				200	3.8	
14.7.59	17-41/ P	4 S	29		210	3.1	
19.7.59	12-20-55				90	3.4	ca. 90 km NW v. Lwiro

Datum	Herzzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Lwi.	Bemerkungen
23.7.59	07-49-55				380	3.9	wahr. W-Ufer v. Tang. See
24.7.59	10-36-58				130	3.2	10km N v. R.
26.7.59	11-22-51	1/2 S	33		535	4.5	
27.7.59	20-48-52				90	3.1	ca. 90km W L.
28.7.59	15-14-57				320	3.3	ca. 210 km NE v. R.
29.7.59	00-38-10	3 1/4N	37		1050	4.6	
30.7.59	00-26-52	4 N	32		750	4.2	
30.7.59	04-43-57				1250		n. übereinst.
31.7.59	01-17-17	1 1/4N	27		270	3.2	
2.8.59	02-40-44				620	4.0	wahr. ost. Grab
5.8.59	02-26-48	4 1/2S	28 1/2		250	4.4	
5.8.59	21-09/ P				570	4.3	wahr. ost. Grab
9.8.59	11-16-52,4	0,6 N	30,3		350	5.1	
9.8.59	14-13-58				350	3.4	ca. 100km EWE v. Eduardsee
11.8.59	11-31-20	3 3/4S	28,5			3.5	
12.8.59	01-32-00	0	30		270	3.9	
12.8.59	04-05-20	15 S	28		1400	6 1/2-6 3/4	
12.8.59	09-19/ P				600	3.8	n. übereinst.
13.8.59	18-30-36				690	3.9	wahr. ost. Grab
14.8.59	11-18-49,3	1 1/3S	29 1/3		120	3.8-3.9	
14.8.59	14-55-54,8	1 1/3S	29 1/3		120	3.8-3.9	
15.8.59	03-40/ P						wahr. Südafrika - unvollst.
16.8.59	22-43-00	2 2/3N	29 3/4		335	3 1/4	
19.8.59	05-14-21	1 1/3S	28 3/4		95	3.3	
19.8.59	05-16-56,1	1 1/3S	28 3/4		95	4.4	
20.8.59	04-20-49,2				90	3.0	Reg. v. Masisi
20.8.59	18-31-39				610	3.9	wahr. ost. Grab
22.8.59	16-32-27,0	1 1/2S	28 3/4-29		85	3.8	
22.8.59	23-53-26,3				75	3.0	Reg. v. Masisi
24.8.59	01-26-12	4 S	34 1/2		665	6.1	
24.8.59	21-52-48	1 1/4S	29 1/3		132	3.0	
25.8.59	11-29-19/A.	3 N	30 1/2-30 3/4		416/A.	3.3	
25.8.59	23-35/ P						Rep. Congo unvollst.
26.8.59	16-45-52,7	6 1/4S	31 1/2		525	3.7	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Iw. l.	Bemerkungen
31.8.59	12-46-55,0	4	23/24S	29,5	323	3.7	
1.9.59	00-56-47	1,1 N	31,1	440	3.8		
3.9.59	14-38-24	2,4 S	28,8	19	3.0		
6.9.59	22-49-29,6	0,4 N	29,9	320	3.7		
8.9.59	22-18-56	3 S	36 2/3	890	4.4		
9.9.59	16-53-55	6 S	31	500	4.6		
17.9.59	11-29-58,0	0,6 N	30,2	345	3.2		
19.9.59	08-00-56	7 1/2 S	33 1/2	680	4.4.1		
22.9.59	06-43-25	1 N	31	400	4.5		
22.9.59	19-54-01,5			545	3.3		wahr. ost. Grab.
25.9.59	18-42-13			720	4.0		wahr. ost. Grab.
26.9.59	18-58-44	5 S	20 1/2	240/U	4 1/4		
29.9.59	20-23-59,2	3,5 S	29,3	150	3.5		
30.9.59	02-21-23	3 S	34	580	4.2		
4.10.59	12-07-46	6,5 S	28,5	470	3.5		
5.10.59	11-27-51,0	1,3 S	29,6	136	3.1		
13.10.59	08-34-20,9	0,1 N	30,3	305	3.8		
18.10.59	13-01-33	8 S	32 1/2	745	4.2		
21.10.59	03-36-00			315	3.5		W-Ruwenzori
21.10.59	04-25-07	1 2/3 N	31	495	3.6		
23.10.59	20-04-45,3	4 S	35 1/4	731	4.0		
25.10.59	12-31-30	4 3/4 S	34 3/4	735	5-5 1/2		
25.10.59	14-24-50	2 S	34,5	633	3.7		
25.10.59	21-20-37	2 S	33	705	3.6		
27.10.59	07-22-12,6	0,5 N	30	320	3.1		
29.10.59	13-07-48	1/2 S	35 1/2	775	4.1		
2.11.59	21-18-07,2			94	3.0		Masisi
5.11.59	13-25-43,4			54	3 3/4/U		ca. 30km NNE v. Bukavu
7.11.59	23-48-46			85	3.1		Masisi
9.11.59	16-47-33,5			88	3.1		Masisi
11.11.59	18-48-43	4 S	35 1/2	780	4.9		
16.11.59	21-11-52	2 3/4 S	35 1/4	695	4.9		
17.11.59	16-21-32			140	3.0		ca. 50 km NW v. R.
20.11.59	13-27-30,8	1 1/4 S	34 3/4	679	3.7		
25.11.59	12-41-29	4 S	35 1/2	780	4.4		
1.12.59	00-56-09,5			739	3.7		wahr. ost. Grab.
4.12.59	23-08-25			149	3.0		ca. 20km SE U.
9.12.59	12-53-06,8	4 S	34	575	4 3/4		

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Iw. l.	Bemerkungen
11.12.59	13-09-25	2 1/2S	36 1/4	870	4.3		
12.12.59	02-27-24,2			72	3.3		ca. 70km SE L.
17.12.59	06-10-45			670	3.8		ost. Graben
17.12.59					4.0		zweifelh.
21.12.59	07-30/ P			870	4.3		unvollst.
26.12.59	13-10/ P			62	3.3		
29.12.59	05-28-26			235	3.6		
29.12.59	18-49/ P	2,5 S	26 2/3	270	3.5		n. übereinst.
30.12.59	16-45-55			52	3.0		ca. 50km S L.
2. 1.60	23-43-03	5 3/4S	34,5	3	735	5.2	
7. 1.60	21-35-13	4 2/3S	29	3	240	3.2	
9. 1.60	23-03-04	1 S	35 3/4	3	775	5 1/4	
10. 1.60	21-52-06,3	6 1/2S	33 1/2	3	690	4.7	
12. 1.60	21-32-25	4 3/4S	28 3/4	3	280	3 3/4	
1. 2.60	23-09-12	0 1/2S	32 3/4	3	470	3.8	
5. 2.60	20-13-56,4	4 1/3S	29 1/4	4	140	4.0	
10. 2.60	11-28-43,5	0 1/2N	30	3	330	3.3	
14. 2.60	00-53-58,7	3 1/4S	28 3/4	4	100	3.7	
14. 2.60	19-20/ P			3	310	3.2	unvollst. wahr. NE v. Eduardsee
14. 2.60	20-38/ P			1	675	5	unvoll. wahr. Uganda
23. 2.60	10-34-01	2 2/3S	29 1/3	4		4.3	
24. 2.59	04-21-00,3	5 S	33	3	550	3.8	
25. 2.60	05-11-02	0 1/6N	29 2/3	3	276	3	
26. 2.60	22-52-29,5	3 S	35,5	3	740	4.5	
27. 2.60	00-15-07,5	3 S	35,5	4	740	4	
27. 2.60	12-20-00	7,5 S	32	1	680	4	
2. 3.60	02-04-12(5)			2	730	4.2	wahr. ost. Grab.
5. 3.60	03-58-01	4 1/4S	33	3	515	4.4	
8. 3.60	03-22-05	4 S	35,5	3	770	4.5	
10. 3.60	09-40-36,5	1 N	31,5	4	450	5.2	
11. 3.60	10-01-53	3 S	37	3	900	4 3/4	
12. 3.60	16-24-21,8	5 1/2S	31 3/4	3	490	4.1	
13. 3.60	17-42/ P			2	790	4.5	wahr. ost. Grab.
15. 3.60	19-52-48,7	8 S	31 1/3	3	690	3.9	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Lwi.	Bemerkungen
16.3.60	02-59/ P			2	710		wahr. ost. Grab.
20.3.60	11-44-26	1 1/2S	29,5	4	153	3.2	
24.3.60	07-05-52,3	3 1/2S	34 1/2	3	640	4.5	
24.3.60	16-37-46,5	3 S	35	3	710	4.6	
25.3.60	19-35-29	0 3/4S	30 1/3	4		3.1	
28.3.60	17-45-21	2 1/4S	29	4		3	
30.3.60	23-48-50,0	2 1/3S	29 1/6	4	45	3.6	
1.4.60	23-59-41	3 S	35	3	735	4.4	
7.4.60	17-13-40,3	1 1/4S	28 1/4	3	125	3.1	
15.4.60	08-45-51,4	1 1/4S	29 1/3	4	135	3	
16.4.60	08-03-57,6	3 1/2S	29 1/8	4	148	4.2	
16.4.60	09-05-40,9	3 1/2S	29 1/8	3		4.7	
17.4.60	11-24-39,7	3 S	28	3	120	3.4	
22.4.60	07-09-42,8	1 1/2S	28 1/2	3	90	3.5	
26.4.60	10-53-49,3	1 1/3S	28 1/6	3	108	3.7	
1.5.60	19-50-02,3	3 1/12S	28 5/6	3	95	3	
3.5.60	01-13-56,2	1/6N	29 5/6	4	290	3.5	
4.5.60	02-17-36,8	3/4 S	32	4	395	5.7	
4.5.60	15-22-58,5			3	350	4 3/4	wahr. 225 km SSE v. Uvira
5.5.60	00-36-59			3	350	4.1	wahr. 225 km SSE v. Uvira
8.5.60	09-26-49,5	0 1/2S	33	3	525	3.8	
9.5.60	05-19-03,5	5,5 S	28 3/4	2	350	3.6	
9.5.60	05-14-17,5	5,5 S	28 3/4	3	355	4.1	
11.5.60	21-57-14	4 1/2S	33	2	530	4.0	
14.5.60	23-51-42	4 1/4S	33 1/4	3	550	4.0	
15.5.60	00-12-58	3 2/3S	29 1/6	4	165	3 3/4	
20.5.60	20-59/ P			1		4 1/2	wahr. NNE- Richtung
21.5.60	03-24-39,4	4 S	28 3/4	3	200	3.2	
25.5.60	04-26-27,0	1 1/2S	29,5	4	150	3	
28.5.60	20-58/ P			1		4	wahr. 200 km SSW v. Uvira
31.5.60	01-14-03,2	3 S	34 3/4	4	665	4.4	
1.6.60	10-55-19	3 3/4S	33 3/4	5	775	4 3/4	
4.6.60	10-01-07	3 2/3S	29 1/6	3		3.3	
5.6.60	10-35-00,7	1 5/6S	27	5	200	3.9	
7.6.60	02-59/ P			1	350	3.8	unvollst.
7.6.60	19-51-38,6	3 1/2S	29 1/10	4	145	3.9	
Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Lwi.	Bemerkungen
17.6.60	10-49-03,0	5,5 N	36,5	3	1200	5.2	
19.6.60	20-23/ P			3	1200	5.3	wahr. N-Region v. Rudolfsee
22.6.60	08-51/ P			3	1150	4 3/4- 5	unsicher
3.7.60	07-30-15	8 1/4S	36 3/4	3	1120	4.5	
5.7.60	10-15-31,5	4,5 S	29 1/6	4	262	3,5- 3 3/4	
8.7.60	18-34-50,5	3,5 S	35 2/3	4	757	6.3	
9.7.60	13-31-11	3 2/3S	35 2/3	2	780	4.8	
9.7.60	16-46-24			1	770	4.7	ostafr. Graben
12.7.60	22-44-10			3	770	4.4	unvollst. - wahr. ost. Grab.
22.7.60	05-07-50			2	780		wahr. ost. Grab.
23.7.60	05-23-30,1	3 5/6S	29	3	180	3.5	
25.7.60	00-27-25			3	980	5-5 1/4	unvollst. wahr. ost. Grab.
25.7.60	19-26-18			1	765	4.4	wahr. E v. Viktoriasee
26.7.60	02-12-20			1	775	4.3	wahr. E v. Viktoriasee
26.7.60	00-23-20			1	780	4.3	wahr. E v. Viktoriasee
27.7.60	02-13/ P			3		3.4	Reg. 150 km S v. Uvira
27.7.60	09-29-18	3,5 S	35 2/3	3	770	4.4	
28.7.60	22-18-22			3	780	4.3	unvollst. ost. Graben?
30.7.60	22-48-41,5	4 S	35 2/3	2	780	4.3	
31.7.60	03-06-23	4 S	35 2/3	2	780	4 1/4	
4.8.60	18-18-43	2 3/4S	35 1/2	4	750	5-5 1/4	
16.8.60	07-52-58	3 1/6S	28 1/5	3	120	4.0	
8.9.60	12-05-13,5	4 1/4N	37	3	1180	4.5	
11.9.60	09-55-32			1	625	3.9	unvollst. ost. Graben
12.9.60	21-45-16	3 S	29 1/6	4	98	3 1/4	
16.9.60	17-14-02	5 S	35	3	775	4.0	
22.9.60	05-38-12,3	3 1/2S	29 1/12	4	148	5.6	U
22.9.60	08-46-02			2	152		
22.9.60	09-05-34	3 1/2S	29 1/12	4		6 1/4- 6 1/2	
22.9.60	09-05-36,8	3,3 S	29,3	1			

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. lwi.	Bemerkungen
22.9.60	09-08/ S			1		5,2 od. mehr	U
22.9.60	09-10/ S			1		4.2	U
22.9.60	09-11/ S			1		4.7	U
22.9.60	09-14-51			3		5 1/2	U
22.9.60	09-23-55			2		4.7	U
22.9.60	09-26/ S			1		4.2	U
22.9.60	09-28/ S			1		4	U
22.9.60	09-30/ P			1		4.0	U
22.9.60	09-38-52			2	130	4.5	U
22.9.60	09-40-24			2	152	4.2	U
22.9.60	09-45-12			2	128	4.3	U
22.8.60	09-47-21,5			2	149	4.3	U
22.9.60	09-48/ S			1		4.5	U
22.9.60	09-54-22,7			2	125	4.3	U
22.9.60	09-55-27			2	123	4.4	U
22.9.60	10-01-09,5			2	128	4.1	U
22.9.60	10-35-41			2	131	4.2	U
22.9.60	10-38-11,6			2	129	4.3	U
22.9.60	11-04-27,5			2	121	4 3/4-5	U
22.9.60	11-34-41,5			2	150	4.5	U
22.9.60	11-45-22,5			1	170	4.1	U
22.9.60	13-14-31,5			2	147	4.6	U
22.9.60	13-29-32			2	130	4.2	U
22.9.60	15-14-02			2	146	4.6	U
22.9.60	15-58-46,5			2	147	4.2	U
22.9.60	17-51-14			1	140	4.0	U
22.9.60	22-19-58			3	152	4.8-4.9	U
23.9.60	02-26-21,3			2	145	4.0	U
23.9.60	02-57-13,3			2	127	4.1	U
23.9.60	06-35-12,4			2	150	3 1/4	U
23.9.60	06-44-23,9			2	130	3 1/4- 3 1/2	U
23.9.60	07-11-27,1			2	152	3.4	U
23.9.60	08-08-13,4			2	135	3-3 1/4	U
23.9.60	09-37-53,7			2	133	4	U
23.9.60	09-57-23,1			2		4.4	U
23.9.60	10-02-44,1			2	152	4	U

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. lwi.	Bemerkungen
23.9.60	11-12-44,9			2	131	3.0	U
23.9.60	11-12-44,9			2	147	3.0	U
23.9.60	12-09-44,0			2	136	3.5	U
23.9.60	12-15-29,8			2	147	3.0	U
23.9.60	12-44-19,8			2	131	3.1	U
23.9.60	13-35-43,2			2	145	3 1/4	U
23.9.60	14-01-31,8			2	140	3.1	U
23.9.60	14-22-35,6			2	141	3.4	U
23.9.60	14-30-33,0			2	150	3.0	U
23.9.60	15-46-00,7			2	130	3.6	U
23.9.60	16-38-54,0			2	139	3 1/4	U
23.9.60	17-46-24			2	134	3.1	U
23.9.60	17-52-29,9			2	144	3.3	U
23.9.60	18-15-09,2			2	126	3.0	U
23.9.60	18-50-32,8			2	128	3.6	U
23.9.60	19-31-17,7			2	153	3.4	U
23.9.60	20-29-23,6			2	144	3.1	U
23.9.60	20-40-30,0			2	132	3.8	U
23.9.60	22-43-37,7			2	145	3.8	U
23.9.60	23-06-18,4			2	142	4 1/2	U
24.9.60	00-29-16,4			2	145	3.4	U
24.9.60	00-46-18,2			2	150	3.0	U
24.9.60	03-01-18,5			2	121	3.0	U
24.9.60	03-03-28,6			2	160	3.7	U
24.9.60	03-21-06,6			2	126	3.0	U
24.9.60	04-27-32,0			2	146	3.0	U
24.9.60	05-13-19,6			2	142	3.4	U
24.9.60	07-33-13,5			2	144	3.6	U
24.9.60	07-39-52,0			3	150	3.6	U
24.9.60	08-53-04,7			3	153	3.8	U
24.9.60	09-33-04,8			3	128	3.2	U
24.9.60	10-28-23,8			3	136	3.3	U
24.9.60	10-36-18,7			3	142	3.0	U
24.9.60	13-23-15,7			3	130	3.0	U
24.9.60	15-10-51,2			3	143	3 1/4	U
24.9.60	15-37-13,2			3	136	3.3	U
24.9.60	16-10-18,9			3	138	3.0	U

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.Lwi.	Bemerkungen
24.9.60	17-24-05,4			3	120	4.0	U
24.9.60	18-45-03,7			3	138	3.0	U
24.9.60	19-36-06,2			3	124	3.0	U
24.9.60	20-34-32,9			3	129	3.0	U
24.9.60	20-41-54,4			3	140	3.8	U
24.9.60	21-19-41,9			2	144	3.6	U
24.9.60	22-01-19,8			3	146	3.1	U
24.9.60	22-06-33,7			2	126	4.3	U
24.9.60	23-11-44,9			3	124	3 1/4	U
24.9.60	23-57-41,9			3	163	3.7	U
24.9.60	23-58-49,4			3	141	3.5	U
25.9.60	03-52-48,6			3	123	3.1	U
25.9.60	07-15-20,7			3	147	3.8	U
25.9.60	07-45-42,0			3	139	3.3	U
25.9.60	07-51-11,0			3	145	3.4	U
25.9.60	10-03-00,7			3	146	3.5	U
25.9.60	14-00-12,9			3	138	3.8	U
25.9.60	18-16-23,9			3	132	3.8	U
25.9.60	21-11-31,0			3	149	3.2	U
25.9.60	22-52-29,0			3	124	3.0	U
25.9.60	23-42-07,7			3	142	3.0	U
26.9.60	00-49-49,8			3	146	4.0	U
26.9.60	12-17-58,7			3	124	3.0	U
26.9.60	11-59-40,5			3	128	3.0	U
26.9.60	13-48-51,8			3	128	3.8	U
26.9.60	17-08-04,5			3	148	3 3/4	U
26.9.60	18-47-05,7			3	128	3 1/4	U
26.9.60	22-45-25,6			3	153	3.0	U
27.9.60	05-58-11,2			3	130	3.3	U
27.9.60	09-33-50,7			3	162	3.6	U
27.9.60	13-32-14,6			2	130	3.4	U
27.9.60	15-37-29,7			2	161	3.1	U
27.9.60	15-54-04,7			2	145	3 1/4	U
27.9.60	21-33-53,4			2	138	3.0	U
27.9.60	21-36-45,2			2	133	3.4	U
27.9.60	22-53-41,7			2	145	3.2	U
27.9.60	23-52-24,1			2	136	3.0	U
28.9.60	02-55-45,5			2	143	4.1	U

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.Lwi.	Bemerkungen
28.9.60	07-28-25,9			3	138	3.0	U
28.9.60	08-29-24,6			3	135	3.6	U
28.9.60	09-23-19,8			3	145	3.6	U
28.9.60	09-25-27,0			3	151	3.5	U
28.9.60	14-27-30,8			3	145	3.4	U
28.9.60	14-48-46,5			3	149	3.0	U
28.9.60	16-22-19,9			3	141	3.6	U
28.9.60	18-23-12,5			3	151	3.8-4	U
28.9.60	23-43-56,1			3	140	3.4	U
29.9.60	00-07-38,9			3	154	3 3/4	U
29.9.60	00-59-47,4			3	146	3 1/4	U
29.9.60	08-47-04,2			3	132	3 1/4	U
29.9.60	12-11-26,9			3	145	3 1/4- 3 1/2	U
29.9.60	13-46-15,3			3	127	3.0	U
29.9.60	16-29-35,1			3	154	3.1	U
29.9.60	22-08-51,8			3	167	3 1/4	U
30.9.60	00-13-47,0			3	132	3.5- 3 3/4	U
30.9.60	00-18-21,8			3	136	3 1/4	U
30.9.60	11-28-38,8			3	159	3.0	U
30.9.60	17-44-55,3			3	136	3.5	U
1.10.60	02-08-48,2			3	118	4.0	U
1.10.60	02-18-48,1			3	150	3.4	U
1.10.60	04-45-52,2			3	145	3.0	U
1.10.60	04-46-48,9			3	138	3.4	U
1.10.60	08-24-51,3			3	156	4.3- 4.4	U
2.10.60	01-59-44,4			4	163	4.4	U
2.10.60	12-42-15,4	2 2/3S	35 1/2	3	730	4.8	
5.10.60	00-16-56,5	3 S	30	4	156	3.3	
5.10.60	06-17-48			3		3.0	wahr.Reg. ca. 235 km NW Lwi.
6.10.60	20-22-36	8 1/4S	33	3	780	5-5 1/2	
9.10.60	05-39-12			2	580	4 1/4- 4 1/2	unvollst.
17.10.60	18-36-53	2/3 S	27 2/3	3	220	3.2	
21.10.60	09-51-51,5	1 1/3S	32 2/3	2	455	3.5	
6.11.60	23-54-45,8	3 1/5S	29 1/5	2	115	3.9	
10.11.60	07-06-52,2	3 1/3S	29 1/8	2	130	3	

Datum	Herzzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Iwi.	Bemerkungen
10.11.60	19-47-46			2	140	4.1	10km SE Uvira
11.11.60	06-20-58	3 1/2S	29 1/10	2	140	3.8-3.9	
12.11.60	05-28-15	1 5/6S	29	2	50	3	
12.11.60	07-44-30,8			2	160	3.1	25 km SE U
12.11.60	11-00-48,1			2	160	3.3	25 km SE U
13.11.60	04-49-47,0			2	170	3.9	35 km S U
13.11.60	14-17-22,7			2	160	3	25 km S U
14.11.60	23-15-51,3			2	150	3.3	20 km SW U
15.11.60	13-05-11,8	3 1/2S	29 1/4	3	160	3.4	
16.11.60	05-54-24	3 1/3S	29 1/5	3	140	3	
19.11.60	10-20-15,5	7 1/2S	30	2	630	4.7	
21.11.60	13-14-35			2	200	3.3	unvollst.
22.11.60	13-12-13			1	190	3.0	unvollst.
23.11.60	07-35-09,3			2	150	3.4	U
24.11.60	13-15/ P			1	300	4.4	U
26.11.60	12-09-53,5	3 1/3S	29 1/6	3	130	3.2	U
26.11.60	13-29-55			3	130	4.0	U
27.11.60	18-08-46,6			3	155	3.4	U
27.11.60	18-22-38,2			3	155	3.7	U
27.11.60	19-04-22,3			3	150	3.5	U
27.11.60	20-37-21,6	3 1/2S	29 1/3	3	157	4.9	
27.11.60	21-19-50,0	3 1/2S	29 1/3	3	160	4.2	
28.11.60	00-59-18,1	3 1/2S	29 1/3	3	140	3.4	
28.11.60	02-39-24,0	3 1/2S	29 1/3	3	160	3.0	
28.11.60	03-19/ P			3	380	4.1	n.übereinst.
28.11.60	07-43-45,0	3 1/3S	29 1/4	3	140	3.3	
28.11.60	14-59-40,2	3 1/3S	29 1/5	3	135		
28.11.60	10-25-35	3 1/2S	29 1/3	3	155	3	
29.11.60	15-19-54,8	3 1/3S	29 1/5	3	130	3.4	
29.11.60	18-13-19,5	3 2/3S	29	3	160	3.0	
29.11.60	18-13-19,5	3 2/3S	29	3	160	3.0	
29.11.60	15-19-54,8	3 1/3S	29 1/5	3	130	3.4	
1.12.60	07-39-42,5			2	158	3.4	U
2.12.60	13-43-22,5	3 1/2S	29 2/3	2	147	5.1	
2.12.60	16-49-34	3 2/3S	29 2/3	3	160	3.7	
5.12.60	12-33-50,5			3	142	3.2	U
5.12.60	18-27/ P			2	700-800	4	unvollst.

Datum	Herzzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Iwi.	Bemerkungen
7.12.60	08-52/ P			1	804	3.7	unvollst.
10.12.60	13-05-15			3	145	3.0	U
10.12.60	16-10-50	3 1/3S	29 1/6	3	120	3.5	
12.12.60	04-39-22	4 1/2S	28 4/6	3	247	3.5-4	
12.12.60	04-47/ P			3		3.1-3.3	130km SSW U
12.12.60	07-30/ P			3	320	4?	unvollst.
12.12.60	19-42/ P			2		3.8	unvollst.
12.12.60	20-35-44	1 3/4S	29 1/3	4	78	3 3/4-3.9	
12.12.60	21-08-27,6	1 3/4S	29 1/3	3	77	3.3	
14.12.60	13-23-29,5			2	750	5 1/4	unvollst. ost. Graben
14.12.60	23-04-08			2	151	3.4	U
14.12.60	22-59-09			2	162	4.2	U
17.12.60	15-57-54			2	265	3.7	wahr. Reg. N v. Eduardsee
17.12.60	18-41-03,2	3 1/2S	29 1/3	3	152	4.6	
17.12.60	18-57-48	0	29 4/6	3	250	4.3	
19.12.60	02-16/ P			2	800		n.übereinst.
20.12.60	02-59/ P			2			n.übereinst.
21.12.60	08-01-16	3 1/4S	29 1/6	3	118	3.8	
23.12.60	05-48-38	3 1/3S	29 1/6	3	130	3.1	
26.12.60	03-10-00	6 1/3S	35	3	820	4.2	
26.12.60	04-56-43			3	132	3.1	U
26.12.60	05-27-53,5			3	130	4.0	U
26.12.60	20-37-48	6 1/2S	22	3	940	4.3	
31.12.60	04-14-08,5			2	160	3.4	U
1. 1.61	07-01-16,2			3	123	3 - 3 1/4	U
2. 1.61	11-36-07			1	600-650	3.2	unvollst.
5. 1.61	09-21-30	0	28 5/6	3	240	3.1	
6. 1.61	17-49-00	3 7/12S	29 1/4	3	157	3.0	
7. 1.61	16-17-45)			2	1100-1200	5.5	unvollst. (ostafr. Grab.)
13. 1.61	16-27-28,6	3 1/12S	29 1/4	3	156	4.3	
13. 1.61	18-44-27,8	3 7/12S	29 1/4	3	157	3 3/4	
15. 1.61	20-04/ P			3			unvollst. (Zentralafrika)
15. 1.61	20-21-34,2	3 7/12S	28 11/12	3	147	4.0	U
17. 1.61	11-54-30,3	3 7/12S	29	3	148	3.5	U

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.	Lwi.	Bemerkungen
17. 1.61	14-06/ P	3 1/2S	29 1/3	2	150	3.2	U	unvollst.
18. 1.61	13-36-34,8	3 7/12S	28 1/10	3	153	3.3	U	
19. 1.61	12-29-39,6	3 1/2S	32	3	720	4.1		
20. 1.61	05-42-26	3 1/2S	32	3	720	4.1		
21. 1.61	21-44/ P	3 7/12S	29 3/12	2	155	4.0	U	
21. 1.61	14-15-34	3 7/12S	28 9/12	3	152	3.4	U	
23. 1.61	21-16-43,7	3 7/12S	28 9/12	3	152	3.4	U	
24. 1.61	04-51/ P	3 7/12S	29 1/4	3	157	3.7	U	
24. 1.61	15-47-26,1	3 1/4S	28 1/6	3	130	3.1		
25. 1.61	01-59/ P	8 S	30 1/4	3	643	4.5		
25. 1.61	10-00-16	6 1/2S	30 3/4	3	517	5.1		
26. 1.61	14-58-46,7	6 1/2S	30 3/4	3	522	5 1/4		
27. 1.61	18-33-15,4	6 1/2S	30 3/4	3	522	5 1/4		
27. 1.61	19-40-00,5	4 2/3S	29	3	268	3.5		
28. 1.61	00-36-42,0	3 1/2S	29 1/4	3	148	3.1	U	
29. 1.61	01-59/ P	3 1/2S	29 1/4	3	140	3.7	U	
31. 1.61	03-00-15	1 1/2S	37 2/3	3	980	9 1/4		
31. 1.61	06-16-37	3 1/2S	29 1/4	3	140	3.7	U	
2. 2.61	00-02-18,5	1 1/2S	37 2/3	3	980	9 1/4		
2. 2.61	06-28-10	3 3/10S	29 2/10	3	125	4.4		
3. 2.61	07-38-11,0	2 1/2S	35	3	685	3.7		
4. 2.61	04-36-37	2 1/2S	35	3	685	3.7		
4. 2.61	20-17-07			2		3.5		
5. 2.61	10-53-08,0			3	150	3.0	U	
5. 2.61	23-06-20	0	30 1/4	2	297	4 1/2		
6. 2.61	13-15-27,3			1		3 3/4 U, unvollst.		
9. 2.61	05-15-56,5			1		3 1/4-3 1/2 U (A.)		
9. 2.61	05-36-34,2			1		3-3.2/A U		
9. 2.61	14-19-53			2		3 3/4 U		
9. 2.61	16-21-33,3			2		3 3/4 unvollst.		
9. 2.61	10-01-18,1			2		4 1/4 U - unvollst.		
13. 2.61	08-33/ P			2		3 1/4 unsicher		
13. 2.61	18-51-31,9			2	102	3-3 1/4 U		
13. 2.61	23-27-35			1	625	3.9 unvollst.- U		
14. 2.61	02-02-23,6			2	110	3 3/4 U - unvollst.		
15. 2.61	18-50-38,5			2	655	4.1 unvollst.		
15. 2.61	20-12-07,6			2		3.0 U - unvollst.		
16. 2.61	02-33-07,3	2 2/3S	29 1/10	2		4.0		
16. 2.61	12-32-01,7			1		4.0 unvollst.		

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.	Lwi.	Bemerkungen
16.2.61	19-12/ P			1	700-800	4.5	unvollst.	
17.2.61	13-56-06,5			3	130	3 1/4 U		
18.2.61	08-31-58,4			2	430	3.3	unvollst.	
19.2.61	02-31-04			1		3.5	unvollst.	
25.2.61	20-45-41,5			2	140	4.3	U	
25.2.61	20-58-30,8			2	133	3.5	U	
26.2.61	03-11-41			2	548	3.7	wahr.ost.Grab.	
27.2.61	05-28/ P			2		3.1	unvollst.	
4.3.61	15-12-06			1	950	4.2	unvollst.	
8.3.61	03-17/ P			1	300	3.1	unvollst.	
8.3.61	04-05-52,6			2	140	3.7	U	
8.3.61	04-35-32			2	140	3.9	U	
8.3.61	16-29-12,2			2	138	3.2	U	
9.3.61	13-23-18,5			1	680	3.7	unvollst.	
13.3.61	10-49-00			2	250	3.9	n.übereinst. 125km S v.U	
20.3.61	20-45-38			2	345	3.5	wahr.25 km N d.Ruwenzori	
31.3.61	19-43-58,8			2		4.3	unvollst.	
31.3.61	23-54-18			2	320	3.4	unvollst.	
1.4.61	21-34-20,0			2	666	4.1	unvollst. - ost.Grab	
4.4.61	06-14-18,6			2	138	3 1/4 U		
6.4.61	11-39-10,0			2	120	3.6	75 km E v.U	
6.4.61	13-36-04,8			2	158	3 1/4 U		
7.4.61	04-43-49,8			2	732	4.5-4 3/4	unvollst. - ostar.Grab	
7.4.61	22-22-33,5	1 1/3S	28 4/10	2	108	3.8		
11.4.61	04-57-41,7			2	140	3.3	U	
11.4.61	11-16-24,5			2	144	3.0	U	
12.4.61	18-58-51	5 2/6S	29 1/6	3	340	3 - 3 1/4		
12.4.61	18-07-(10)			3	350	5.6	ca.250 km SSW v. U	
14.4.61	06-32-04			3	370	3.1	ca.250km S v.U	
15.4.61	22-02-57,8			3	145	3.0	U	
16.4.61	15-45-32,0	1 1/2S	29 9/10	3	220	3.6		
17.4.61	15-30-55,0	3 3/5S	29 1/4	2	160	3.1		

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.Lwi.	Bemerkungen
17.4.61	15-11-48,5	1 3/5S	27	2	215	4.0	
23.4.61	02-54-15,8	2 2/3S	28 5/6	3	13	3.5	
24.4.61	15-10-14,0			3	130	3.5	U
24.4.61	19-36-54,5	1 1/4S	29 1/3	3	130	3 1/4	
25.4.61	03-56-58,0			3	135	3.2	U
26.4.61	21-15-39,1	1 3/4S	27	2	210	3.1	
28.4.61	19-38-46,0	1 1/3S	35 1/3	2	730	4 1/2	
1.5.61	23-20-54,0			2		3	U
4.5.61	04-07-48	2 1/2N	32 3/4	2	555	4 1/2-4 3/4	
10.5.61	03-24-37,5			2	142	4.0	U
11.5.61	14-17-01,8	3 5/12S	29 2/5	2	148	4.9	
12.5.61	13-31-25			2	750	4 3/4	unvollst. - ostaftr.Graben
16.5.61	07-50-30			2	149	3.4	U
17.5.61	14-19-38,0	9 1/4S	24 2/3	3	910	5.6	
20.5.61	15-55-18			2	1400/A	5.3/A	n.übereinst. wahr.Tanzania
20.5.61	18-55/ P			3		3.5	n.übereinst. (ostaftr.Grab.)
20.5.61	17-51-49	6 3/4S	30 3/4	3	550	6.4	U
22.5.61	20-44-40,8			3	130	3.2	
24.5.61	03-55-07			3		3 3/4	n.übereinst.
25.5.61	16-00-02,7			2	142	3.2	U
29.5.61	20-05-42,6			2	159	3.5	U
29.5.61	20-14-24,5			2	160	3.5	U
5.6.61	07-54-12,7			3	153	3.3	U
5.6.61	08-03-46,8			3	144	3.0	U
5.6.61	08-05-42,4			3	146	3.9	U
8.6.61	08-01-36,8			3	130	3.1	U
9.6.61	03-15-51,0	0 2/3S	29 2/3	3	199	4.1	
9.6.61	16-41/ P						unvollst.
11.6.61	11-29-00	4 1/2S	35 3/4	3	700	4 - 4 1/4	
11.6.61	13-32/ P			2		3.5	unvollst.
13.6.61	23-35-43	5/12 N	30	3	322	3 1/4	
14.6.61	00-01-20	5/12 N	30	3	322	3 1/4	
14.6.61	00-49/ P						unvollst. u. zweifelhaft
21.6.61	10-47-52,5	1 1/3S	28 2/3	3	100	3.0	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.Lwi.	Bemerkungen
22.6.61	13-25-35,0			3	158	3.8	U
22.6.61	16-29-34,5			3	157	3.9	U
23.6.61	00-04-28	1/6 N	29 3/4	3	285	4.0	
23.6.61	08-35-18,0	5 3/4S	35 1/3	3	810	5 3/4	
23.6.61	23-10-11	2 2/3S	37 3/4	2	1000	4.2	
24.6.61	07-27-50	12 1/4S	26 1/3	3	1180	5.0	
24.6.61	21-21-59	1/4 S	27 9/10	3	240	3 1/2	
25.6.61	03-52-14			3	155	4.1	U
27.6.61	17-19-10	3 1/2S	29 1/12	3	148	4.2	
29.6.61	01-59-05)/A			1	600	3 3/4	unvollst.
29.6.61	09-54/ P			3		4 1/2	unvollst.
29.6.61	11-56/ P			3			unvollst.
3.7.61	11-47-32,0			3	155	3.7	U
7.7.61	10-39-25,5	4 1/3S	34 5/6	3	705	4.0	
7.7.61	13-44-07,8			3	140	3.6	U
9.7.61	23-59-26,6	7,5 S	31 5/6	3	675	4.0	
9.7.61	23-52-32	2 4/5S	29	3	62	3.5	
13.7.61	05-37-10,5	6 1/2S	29 1/3	2	440	4.5	
21.7.61	04-45-35	6,5 S	31,5	3	560	4.0	
22.7.61	12-42-47,2	0,7 N	29,7	3	330	4 1/4	
23.7.61	12-46-53,4			1		3.8	unvollst.
28.7.61	19-41-00,0	4,5 S	28,9	3	244	3	
29.7.61	05-32-01,7			3	150	3.4	U
30.7.61	02-41-24,5	7 S	31,5	3	600	4.0	
2.8.61	13-19-21	7,3 S	37,4	3	1090	5 1/4-5 1/2	
4.8.61	18-14-01,9	2,8 S	29,4	3	93	3.4	
5.8.61	11-42-29,2	0,3 N	30	3	310	4.1	
9.8.61	06-50-46			3	130	3.1	U
12.8.61	05-09-58			3	150	3.5	U
13.8.61	04-06-50,5	6,2 S	31	3	500	3.8	
15.8.61	20-10-10	4,6 S	23,7	3	635		
16.8.61	01-08-22	12,3 S	33,4	3	1200	5.8	
16.8.61	14-06-49,4	4,3 S	23,8	3	600	4.4	
17.8.61	16-02-13	4,2 S	35,2	3	730	5.0	
19.8.61	13-48-46	0	29	2	247	3.0	
20.8.61	10-34-32	4,5 S	28,9	3	252	4	
21.8.61	23-27-22,5	4,1 S	30,1	3	260	3.8	
25.8.61	01-47-42,5	8 S	33,6	3	835	5.0	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Iwi.	Bemerkungen
27. 8.61	14-57-35,5	5 S	30,5	3	360	4 1/4	
28. 8.61	09-52-12,7	5 S	35,4	3	785	4.0	
28. 8.61	11-53-14,5	3,5 S	29,2	3	143	3.4	
29. 8.61	06-31-34,3	8,5 S	32,9	3	820	5.0	
2. 9.61	21-25-59			2	108	3.1	unvollst.
7. 9.61	11-11-31,4			1	160	3 1/4	U
9. 9.61	16-34-39,0			1	140	4.0	U
11. 9.61	02-43-24,5			1	435	3.6	unvollst.
11. 9.61	04-12-03,4	5 S	28,5	1	325		
12. 9.61	07-49-34			1	330	3.3	ca. 200 km S v. U
16. 9.61	22-40-45,3			1	130	3.5	U
19. 9.61	03-32-15,5			1	500		unvollst. ostafr. Grab.?
19. 9.61	06-36-55			1		3.7	unvollst.
20. 9.61	06-48-20			1	230	3.0	unvollst.
23. 9.61	06-00/ P			1		3.1	unvollst.
24. 9.61	22-59-44,4			2	160	3.6	U
25. 9.61	03-31-00,8	3,2 S	29,2	2	118	3.8	
25. 9.61	02-31-44,7	3,2 S	29,2	3	118	3.5	
28. 9.61	22-43-15			2	673	3.9	unvollst. ostafr. Grab.?
8.10.61	04-43-08			3	110	3.7	wahr. U
18.10.61	02-02-55			3	540	3.9	E v. Tang. See?
19.10.61	21-29-23	0,9 S	29,3	3	155	3 1/4	
20.10.61	13-19-36,5	3,2 S	29,3	3	120	3.9	
26.10.61	16-36-57	3,5 S	29,3	3	152	5 1/4- 5 1/2	
27.10.61	15-20-38	3,4 S	29,3	3	140	3.7	
30.10.61	17-36-48,9			3	115	3.6	U
30.10.61	21-29-25,5			3	113	3.1	U
31.10.61	11-47-14	5,4 S	35,4	2	780	4.1	
6.11.61	19-49-46,0			3	115	3.4	U
12.11.61	02-15-12,5	0,6 N	29,5	3	317	6 1/4	
13.11.61	04-30-41/A.	12 S	35,5	3	1180	5.3/A.	
18.11.61	11-08-42			3	157	3.1	U
24.11.61	05-23-33,3	2,9 S	29	2	75	3.9	
24.11.61	17-06/ P			2		3.2	unvollst.
26.11.61	07-47/ P			2	528	3.5	unvollst.

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Iwi.	Bemerkungen
27.11.61	08-22/ P			2		3.0	n. übereinst. ca. 250 km N v. Iwiro?
28.11.61	02-42-31	6,2 S	31,4	3	530	4.4	
28.11.61	21-12/ P			3	427	3.7	n. übereinst.
30.11.61	13-30-29,5	7,4 S	33,8	4	812	6	
1.12.61	20-32-18,6			3	144	3.8	U
3.12.61	11-57/ P			3	526	3.9	n. übereinst. (N v. Iwiro)
4.12.61	16-48-41,3	2,4 S	35,2	3	708	3.7	
5.12.61	17-59-17,8			2	128	3.6	U
20.12.61	12-02-18	9 S	37	3	1175	5 3/4	
22.12.61	22-49-35,5			2	164	3.0	U
29.12.61	11-25-35	5 N	35,5	3	1100	4.9	
29.12.61	15-07/ P			3	600- 700		n. übereinst. (ost. Graben)
3. 1.62	00-57-26,5	1 S	25,4	3	393	4 1/2- 4 3/4	
4. 1.62	06-14-01,0	0,2 N	29,6	2	286	4	
4. 1.62	10-48-30,9	2,6 S	29,6	3	92	3 1/4	
7. 1.62	13-31/ P			2	600		unvollst.
8. 1.62	22-19-37,8	8,1 S	32,5	2	770	4.3	
10. 1.62	15-49-33	1,8 S	27,1	3	191	3.1	
13. 1.62	17-18/ Z			2			unvollst.
14. 1.62	14-42/ P			2		3.2	unvollst.
15. 1.62	04-54/ Z						unvollst.
18. 1.62	08-42-21,8	1 1/4 S	36	3	812	4.5	
9. 1.62	22-19-38	1,6 S	35 3/4	3	780	4.3	
20. 1.62	09-36-34,2	2 S	29,2	3	52	3.0	
25. 1.62	05-21-29,2	1 S	30,3	3	230	4.5	
26. 1.62	21-01-13	1,6 S	29,5	3	112	4.0	
1. 2.62	06-44-16			2	237	3.2	unvollst.
1. 2.62	17-38-20,5			2	734	4.0	unvollst. ostafr. Grab.
4. 2.62	20-12/ P			2	780		ostafr. Grab.?
5. 2.62	08-13-02,5	0	29,5	2	268	3.0	
7. 2.62	03-58-31,8	0	29,4	3	252	4.3	
7. 2.62	17-23-36	2,3 S	26,5	3	260	3 1/4	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.-Lwi.	Bemerkungen
13.2.62	22-37-44,5	4,1 S	29,4	3	215	3 3/4-4	
16.2.62	13-42-09,7	3,3 S	29	4	126	3,6	
19.2.62	11-41-12,9	3,3 S	28,2	4	135	3,2	
22.2.62	01-44-59,5	4,5 S	29,8	3	272	3,0	
25.2.62	19-30-37,9	1,8 S	29,1	4	52	3,2	
27.2.62	05-30-52,1	3,9 S	32,2	2	420		
28.2.62	19-22-58,5	1,9 S	29,2	3	52	3 1/4- 3 1/2	
2.3.62	04-23-01,5	3 S	27,3	3	180	3,0	
4.3.62	01-51-45	5,6 S	34,6	4	730	4,5	
4.3.62	23-13/ P			2			unvollst.
5.3.62	00-18/ P			3			unvollst.
5.3.62	04-14-54	1,9 S	27	4	205	3,1	
8.3.62	21-38-33,2	3,5 S	29,15	4	147	5 3/4	
8.3.62	21-42-59,7	3,5 S	29,2	4	147- 148	5	
8.3.62	22-02-27,8	3,55S	29,1	3	152	3,0	
8.3.62	22-19-18,4	3,5 S	20,2	3	148	3,3	
8.3.62	22-37-26,2	3,6 S	29,1	4	155	3,3	
8.3.62	22-58-00,0	3,5 S	29,1	3	150	3,0	
9.3.62	00-23-25,0	3,5 S	29,1	4	147	5,0	
9.3.62	01-55-41,3	3,55S	29,1	4	150	3,1	
9.3.62	05-07-12,0	3,55S	29,1	3	150	3,1	
9.3.62	12-24-54,2	3,55S	29,1	4	147	3,5	
9.3.62	13-47-55,2	3,55S	29,1	3	149	3,2	
9.3.62	15-09-34,6	3,55S	29,1	3	148	4,5	
9.3.62	21-16-22,5	3,5 S	29,2	4	145	3,7	
10.3.62	01-06-26,9	3,6 S	29,1	3	152	3,2	
10.3.62	12-41-08,9	3,5 S	29,1	4	143	3,2	
10.3.62	13-37-55,0	3,6 S	29,2	4	157	3,6	
10.3.62	16-29-38,1	3,6 S	29,15	3	156	3,4	
11.3.62	05-27-27,5	3,6 S	29,15	4	157	4,4	
11.3.62	09-45-02,1	3,4 S	29,2	3	136	3,4	
12.3.62	19-02-54,2	3,5 S	29,15	4	146	3,6	
13.3.62	02-32-12,1	3,6 S	29,1	4	158	3,7	
14.3.62	11-53-42 (BCIS)			4	900	5,5	n.übereinst. Nyassa-See
15.3.62	06-12-30,5	3,6 S	29,1	4	159	3,5	
15.3.62	14-33-20,0	3,4 S	29	3	128	3,1	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.-Lwi.	Bemerkungen
20.3.62	04-55-13	3,7 S	29,2	4	168	2,9	
21.3.62	05-22-41,8	3,9 S	29,2	3	189	3,0	
21.3.62	15-45-25	3,6 S	29,05	4	125	3 1/4	
22.3.62	01-03-23,5	3,6 S	29,05	4	153	3 1/4	
22.3.62	04-39-40	2 S	36,5	4	865	4,5	
22.3.62	19-14-14,3	4,3 S	23,7	3	620	4,5	
23.3.62	01-10-02,6	0,3 N	30,1	4	315	3,2	
23.3.62	01-23-18,2	0,3 N	30,1	4	315	3,8	
24.3.62	00-36/ P			2		4,7	unvollst.
24.3.62	08-29/ P			1		4,4	unvollst.
26.3.62	04-50/ P			2		4,6	unvollst.
28.3.62	07-54-33,0	3,6 S	29,1	4	156	3,7	
28.3.62	16-58/ P			3		3,5	n. übereinst.
29.3.62	04-59-46,7	3,5 S	29,1	3	148	3,3	
30.3.62	11-11-22	2,7 S	37,5	4	980	4 3/4- 5	
30.3.62	17-47-54,2	3,6 S	29,1	4	160	3,3	
1.4.62	00-47-29)			4	135	3,0	U
4.4.62	14-23-57,3	0,3 S	27	4		3,3	
5.4.62	10-54-41	3,6 S	24,4	3	510	4,3	
11.4.62	13-17-30,0	0,4 S	33	3	510	4,3	
12.4.62	10-21-09,2	0,5 S	30	4	240	3,1	
15.4.62	00-21-00	1,8 S	27,5	3	170	3,2	
19.4.62	04-38-32,6	1 S	30	3	180	3,0	
22.4.62	09-41-00	3,4 S	28,5	3	113	3,1	
22.4.62	11-04-14,0	2,0 S	34	3	560	4,8	
24.4.62	08-57-38,4	0,5 S	30	4	250	3,5	
25.4.62	14-17-21			2	725	4,0	wahr.ost.Grab.
29.4.62	11-32-08	8,2 S	31,2	3	720	4,0	
1.5.62	00-37-26	0,5 N	29,9	4	340	3,3	
2.5.62	07-34-51,0	3,4 S	29,2	4	130	3,1	
5.5.62	06-17-47)			3		3,2	wahr.ca.350km W v. Rumangabo
6.5.62	07-04-09,5	3,7 S	29,1	4	165	3,8	
6.5.62	20-23/ P			1	550	3,5	unvollst.
8.5.62	11-03-58	3,4 S	29,2	4	150	3,1	
9.5.62	18-47-17,0	3,6 S	29,1	3		3,2	
9.5.62	20-55-40,5	5,5 S	30	3	380	3,1	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.Lwi.	Bemerkungen
11.5.62	19-28-35	0,2 S	30	4	260	3.6	
12.5.62	00-09-26,3	9,8 S	34,3	3		4.7	
12.5.62	05-02-59,0	3,3 S	29,2	3		4.0	
14.5.62	03-46-27	3,8 S	29,1	4	156	3.1	
14.5.62	17-30-43,6	3,8 S	29,3	3	168	3.1	
17.5.62	08-36/ P			2	300	3.0	unvollst.
17.5.62	13-58-06	3,4 S	29,2	3	125	3.5	
19.5.62	21-05-23	0,5 S	29,7	3	220	3.2	
20.5.62	03-50-42,6	4,0 S	34,8	3	680	3.9	
20.5.62	22-40-21,7	3,6 S	29,1	3	160	3.8	
21.5.62	03-50-30,8	3,8 S	29,2	3	170	3.7	
22.5.62	06-28-09,5	3,9 S	29,2	3	180	4.1	
22.5.62	14-24-21,5	3,6 S	29,1	3	150	4.0	
22.5.62	16-23-35,5	3,8 S	29,1	3	165	3.2	
24.5.62	04-57-53	3,8 S	29,3	3		3.3	
27.5.62	19-26-29,3	6,5 S	31	3	525	4.2	
27.5.62	19-52-52	6,5 S	31,0	3	525	3.4	
29.5.62	17-02/ P	2 S	27	2	220	3.1	
29.5.62	20-27-07	0,7 S	29,2	3	195	3.1	
7.6.62	05-59-37	8,3 S	31,5	3	735	4.2- 4.5/A.	
9.6.62	20-03-56	6,2 S	31,2	3	520	4.4	
13.6.62	13-15-21	3,3 S	28,5	2	127	3.9	
13.6.62	23-47-09,0			2	230	3.3	unvollst.
14.6.62	11-49-42,2	3,8 S	29,1	2	174	3.1	
14.6.62	15-20-58			2	735	4.2	unvollst.
17.6.62	19-32-53			2	730	3.9	unvollst. ostafr.Grab.?
17.6.62	22-24-48,5	3,6 S	29,2	2	157	3.1	
21.6.62	16-27-09			1	710	3.6	
23.6.62	12-54/ Z			1			
26.6.62	07-44-21	2,9 S	36	3	800	5.0	
28.6.62	22-54-07	3,5 S	29,2	3	150	3.2	
29.6.62	12-41-40,0	3,5 S	29,2	3	141	3.2	
5.7.62	04-13-38,5	0,75 S	29,4	3	185	4.1	
5.7.62	16-06-56,8	4,9 S	30,1	3	325	3.5	
8.7.62	03-56-37			3	930	5.2	ostafr.Grab.
11.7.62	07-40-42,5	1,7 S	25,95	3	320	3.3- 3.5	
14.7.62	13-09-39,5	6,2 S	31,6	3	548	4.0	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.Lwi.	Bemerkungen
15.7.62	16-28-13			3	530	3.8	ostafr.Grab.
15.7.62	17-22-47,8	3,3 S	29,2	3	128	3.0	
17.7.62	13-10-09			3	460	4.6	ca.270 km SE v.Kigoma/Tanz.
17.7.62	19-13-16	3,7 S	29,2	3	160	3.0	
17.7.62	23-28-09,0	3,8 S	35,8	3	795	4.0	
22.7.62	08-51-49	0,5 S	32,6	3	470	3.1	
22.7.62	13-01/ P			3			unvollst.
22.7.62	15-36/ P			3	1100	4.7	unvollst.
22.7.62	20-55-23	14 S	29	3		5.6	
23.7.62	00-34-27	2 S	27,1	3	195	3.0	
26.7.62	08-02-34,3	3,9 S	35,1	3	718	4.8	
26.7.62	10-42-32,4	9,2 S	32,1	3	840	4.4	
27.7.62	13-03/ P			2			unvollst.
7.8.62	12-25-15,0	2,7 S	29,2	3	68	3.7	
9.8.62	02-34-53	1,8 S	35,3	3	735	4.4	
9.8.62	04-30-51	3,5 S	29,1	3	150	3.6- 3.8	
9.8.62	20-02-13,8	7 S	31,2	3	590	3.7	
13.8.62	10-41-27,4	7,2 S	31,3	3	618	4.2	
14.8.62	10-01-55,0	4 S	34	3	607	4.4	
17.8.62	08-12-11	7,2 S	31	3	604	3.8	
17.8.62	10-23-15	1,1 S	27,8	3	172	4.1	
17.8.62	13-59-39	0,2 S	30,2	3	271	4.1	
17.8.62	17-32-14,7	7,3 S	31	3	609	3.6	
20.8.62	12-48-05 (BCIS)			1		4 - 4 1/4	
27.8.62	10-47-41,7	1,5 S	27	3	220	4.0	
29.8.62	05-18-22,0	2,4 S	28,9	3	18	3.4	
30.8.62	15-42-46	5 S	29,8	3	325	3.9	
31.8.62	00-38-19			3	530	3.5	wahr.ost.Grab.
31.8.62	19-13-13	3 S	25,7	3	350	3.5	
12.9.62	16-39-32	3,3 S	30	3	175	3.5	
13.9.62	03-18-32,5			3	390	3.0	wahr.W v.Kindu
14.9.62	12-13-51	3,2 S	29,2	2	115	3.4	
21.9.62	08-22-55,5	5,7 S	29,7	3	395	4.1	
21.9.62	20-57-55	7 S	32,6	3	670	4.5	
25.9.62	04-48-43	7,1 S	34,7	3	838	6 1/4	
26.9.62	12-55-41	2,6 S	28,6	3	45	2.9- 3.0	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Lwi.	Bemerkungen
28. 9.62	12-11-01			3	765	4.4	ostafr. Grab. wahr. wie 25.9.
30. 9.62	01-48-00			3	560	3.6	wahr. N v. ostafr. Grab.
30. 9.62	03-35-33			4	680	4 3/4	Gr. Nordrhodes/ Congo
2.10.62	06-44-47,2	3,4 S	29,3	3		3.7	
4.10.62	07-10-23,4	3,7 S	35	3	700	4.5	
7.10.62	18-58-45	3,6 S	29,2	3	153	3.1	
8.10.62	23-53-30	1,8 S	27,1	3	190	3.2	
14.10.62	10-54-23	4,8 N	33,6	3	605	5.2	
16.10.62	03-39-33	3,4 S	33,5	3	530	3.8	
16.10.62	11-35-06,6	2,7 S	28,8	3	50	3.9-3	
19.10.62	06-35-57,3	6,7 S	32,4	3	630	3.8	
20.10.62	12-45-57,5	1,6 S	27,2	3	195	3.5	
20.10.62	15-20-41,5	1,6 S	27,2	3	195	3.5	
21.10.62	10-06-13,3	0,4 N	30,05	3	330	4.2	
22.10.62	07-45-39,2	1,7 S	35,1	3	700	4.0	
23.10.62	18-18-04	3,3 S	29,2	3	126	3.6	
23.10.62	20-52-49	6,4 S	30,7	3	485	3.1	
26.10.62	11-34-00	5,2 S	39,3	3	1220	4.5	
26.10.62	18-56-18	2,2 S	34,5	3	640	4.4	
27.10.62	14-02-51			2	635	4.1	unvollst.
29.10.62	22-16-32,1	1,25S	29,35	3	133	3.9	
30.10.62	00-25-28,5	3,5 S	29,2	3	150	3.8	
30.10.62	23-36-04	1,8 S	27,3	3	180	3.1	
4.11.62	03-46-27,0	1,9 S	35,1	3	707	4.7	
5.11.62	03-53-15,7	3,6 S	29,1	3	155	3.4	
10.11.62	11-52-45,5	4 N	30,7	3	720	4.4	
12.11.62	14-19-03,8	1,7 S	30,7	3	220	3.2	
13.11.62	04-42/ Z			3			unvollst.
16.11.62	22-31-52,3	1,55S	28,3	3	105	3.4- 3.5	
20.11.62	10-05-20,5	0,15S	25,9	3	400	4.8	
20.11.62	12-43-35	0,1 N	30,6	3	345	3.3	
21.11.62	03-32-35,0	3,4 S	29,1	3	130	3.0	
23.11.62	16-20-51	0,8 N	30,2	3	370	3.4	
3.12.62	20-18-26,5	2,8 S	29,1	3	69	3.9	
7.12.62	17-57-21	1,05S	26,9	3	245	3.5	
9.12.62	02-16-05,5	0,7 N	30,3	3	350	3.2	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. Lwi.	Bemerkungen
14.12.62	11-36-01,7	2,4 S	25	3	435	4.0	
14.12.62	12-18-29	5,5 S	29,6	3	375	4.5	
15.12.62	15-39-32	2,2 S	33,8	3	550	3.7	
16.12.62	16-38-25	1 N	30,4	3	410	3.9-4	
17.12.62	15-30-18	16,3 S	35,0	3		4.8	
18.12.62	00-56-12	1,2 S	29,4	3	140	3.0	
23.12.62	01-12/ P			3	360	3.3	wahr. ca. 150km SE Stanleyv.
23.12.62	01-15-39			3	360	3.2	wahr. ca. 150km SE Stanleyv.
26.12.62	05-13-02,7			3		4.3	ostafr. Grab. unvollst.
27.12.62	01-54-10,4	2 S	34,9	3	675	4.0	
28.12.62	05-25-03	1,9 S	29,1	3	61	3.5	
2. 1.63	18-55-52	3,3 S	35,8	3	770	4.4	
2. 1.63	18-55-52	3,3 S	35,8	3	770	4.5	
3. 1.63	01-24/ M			3			unvollst.
9. 1.63	20-33-11,5	3,5 S	29,1	3		3.0	
9. 1.63	22-21-24,0	3,5 S	28,2	3		3.0	
10. 1.63	07-07-45,2	3,2 S	28,1	3	131	4.0	
10. 1.63	20-38-38,4	3,4 S	29,2	3	132	3.3	
14. 1.63	18-28-31,3	3,6 S	29	3		4.2	
17. 1.63	12-51/ P			3			unvollst. wahr. ost. Grab.
17. 1.63	14-37-49	4,2 S	37,4	3	970	4.6	
19. 1.63	17-46-18,7	3,7 S	29	3	165	3.0	
24. 1.63	18-54-14,6	3,8 S	29,2	3	173	3.3	
25. 1.63	03-16-11,8	6,2 S	31,1	3		4.0	
25. 1.63	07-41-21			1	285	3.0	unvollst.
27. 1.63	17-47-17,8	0,9 S	33,1	3		4.0	
29. 1.63	04-11-59,2	3,5 S	29,2	3	142	4.2	
29. 1.63	04-27-53	3,4 S	29,2	3	138	3.4	
31. 1.63	00-43-23			1	460	3.9	unvollst.
2. 2.63	05-16-59,6	2,5 S	34,5	3	600	3.8	
5. 2.63	00-06-24	2,7 S	35,4	3	733	3.9	
6. 2.63	15-42-20,3	0,9 S	29,4	3	165	3.3	
8. 2.63	05-46-12	0	30,2	3	300	3.2	
10. 2.63	03-27-32	2,7 S	33,4	3	515	3.7	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag.	Lwi.	Bemerkungen
10.2.63	12-36-10	3,0 S	35,7	2	760	3,9		
10.2.63	15-50-10,6	1,1 S	29,6	3	155	4,0		
15.2.63	21-01-15,4	3,7 S	29,2	3	166	3,4		
16.2.63	08-40-25,0	0,4 S	29,7	3	230	4,8		
16.2.63	22-07-50			1	250	3,0	unvollst.	
19.2.63	12-40-20,2	2,0 S	29,2	3	55	3,3		
27.2.63	15-38-54	0,5 S	30,2	2	264	3,0		
4.3.63	06-53-06,6	2,5 S	29,0	3		3,1		
6.3.63	23-32-39	1,9 S	29,0	3	45	4,5		
16.3.63	21-36-38,1	20,9 S	29,3	3	135	3,7		
16.3.63	21-44-38,5	3,6 S	29,2	3	152	3,0		
17.3.63	03-45-47,8	0,5 N	29,9	2	325	3,7		
18.3.63	18-11/ S			2		4	unvollst.	
26.3.63	06-54-31,2	3,7 S	29,7	3	185	3,2		
6.4.63	06-56-52,5	3,6 S	29,1	3		3,7		
8.4.63	06-40-12,1	0,3 S	29,4	3	220	3,4		
8.4.63	11-44-33,4	0,4 S	29,4	3		3,0		
9.4.63	12-39-19			2	715	4,5	wahr. ost. Grab.	
11.4.63	07-03-47	6,4 S	31,4	3	550	3,5		
13.4.63	19-54-17,7	2,4 S	35,5	3	748	4,8		
16.4.63	17-46-36,8	2,0 S	29,1	3	40	4,1		
17.4.63	08-39-33,7	2 S	29	3	35	3,4		
20.4.63	06-41-20/L.	8,7 S	32,7	2		5,5		
	06-41-25/BCIS							
21.4.63	11-34-23	1,9 S	26,9	3	210	4,2		
22.4.63	16-55-39,2	1,1 S	29,4	3	136	3,3		
27.4.63	18-49-53,0	0,7 S	29,1	3	170	3,0		
29.4.63	03-49-26	1,1 S	29,3	3	133	3,1		
2.5.63	19-20-31	2 S	34,8	3	665	4,5		
7.5.63	09-09-50,8	0,5 N	30	3	333	3,3		
7.5.63	11-17-45,7	5,0 S	35,2	3	775	5,4		
7.5.63	18-50-00,2	2,8 S	29	3	65	3,1		
11.5.63	01-42-32,4	0,8 S	29,1	3	150	3,5		
12.5.63	10-21-45			2	260	3,1	wahr. Eduardsee	
12.5.63	19-55-10,1	0,3 S	29,9	3	243	4,3		
13.5.63	22-26-08,2	2,2 S	29,1	2	35	4,1		
16.5.63	01-17-14	5,7 S	29,6	3	387	4,2		
19.5.63	13-29-01			3	225	3,0	wahr. Region v. Fizi	

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. lwi. Bemerkungen
6. 8.63	08-33-47,7	0,7 N	30,2	3	360	3,3
10. 8.63	06-16-24,0	0,7 S	29,6	3	190	3,6
10. 8.63	10-48-01	1,5 S	28,6	3	80	3,0
10. 8.63	16-24-05	3,6 S	29,2	3	162	3,1
17. 8.63	06-53-44,5	0,8 N	29,7	3	347	4,0
23. 8.63	02-47-38	4,0 S	29,4	3	203	3,9
23. 8.63	07-58-45			3	800	4,7 unvollst.
29. 8.63	20-57-57,8	0,6 N	30,1	3	347	4,4
2. 9.63	13-38-57			3	1100	4,8 wahr. Rudolfsee
4. 9.63	10-53/ P			2	1100	4,8 unvollst.
4. 9.63	14-46-30,5	2,05S	29,1	2	36	3
4. 9.63	22-43-42,5			2	170	3,0
10. 9.63	20-08-04	2,9 S	28,5	3	80	3,0
13. 9.63	22-42-43,4	6,1 S	30,8	3	488	3,7
14. 9.63	03-08-24,0	4,4 S	34,2	3	645	4,0
15. 9.63	00-34-53			3	535	3,9 wahr. ca. 200 km SSE v. Oudjidi/Tanz.
15. 9.63	19-43-32,5	3,7 S	29,2	3	164	3,3
16. 9.63	22-51-51	0,4 S	29,9	3	235	3,2
19. 9.63	17-37-54,5	4,7 S	29,8	3	285	3,1
25. 9.63	17-44-56,1	0,4 N	29,9	3	310	3,1
27. 9.63	09-46-34	4 S	35,2	3	736	5,6
28. 9.63	15-50-20,5	3,6 S	33,7	3	565	4,0
30. 9.63	14-08-31	1,1 N	31,3	3	480	4,5
1.10.63	19-22-00,5	3,5 S	29,1	3	144	3,0
2.10.63	10-49-00	3,4 S	29,3	3	141	3,0
2.10.63	23-54-24	0,1 N	22,2	3	800	4,0
7.10.63	10-09-53,3	0,1 N	29,9	3	259	3,0
9.10.63	01-20-49	0,6 N	30,2	3	350	3,1
10.10.63	15-47-16,5	0,9 N	31,3	3	465	3,4
12.10.63	21-35-32,0	5,2 S	34,7	3	728	4,0
13.10.63	15-35-59,2	2,9 S	28,6	3	70	3,0
15.10.63	01-19-56,5	4 S	35,2	3	739	4 1/4
27.10.63	17-06-34	1,5 S	33,2	3	495	4,0
30.10.63	18-28-19,4	4,9 S	29,5	3	295	4,4
3.11.63	03-49-01,2	2,9 S	36	3	809	5,1
3.11.63	10-56/ P			3		3,1 n.übereinst.

Datum	Herdzeit	Br.	Länge	N	D	Mag. lwi. Bemerkungen
4.11.63	08-30-30,6	6,1 S	31,4	3	510	4,2-4,5
6.11.63	05-39-33,0	1,7 S	26,9	3	220	3,6
9.11.63	09-47-31,6	0,1 S	30,4	3	274	3,8
13.11.63	02-40-40,7	4,8 S	30,1	3	315	4,3
13.11.63	06-47-14,0	4,4 S	28,7	3	270	4,0
15.11.63	16-47-12	0,8 N	30,1	3	360	3,6
15.11.63	17-55-00	3,7 S	35,8	3	790	4,8
18.11.63	01-09-36,1	7,6 S	31,5	3	675	5,2-5,3
23.11.63	06-10-45	3,9 S	34,9	2	705	4,2
27.11.63	14-20-37	2,9 S	35,6	3	755	5,0
28.11.63	06-28-10	0,8 N	31,2	3	440	4,6
30.11.63	07-28/ S			3		unvollst.
2.12.63	08-04-00)			3		mehrere Beben i.d.Reg. v. Masisi
4.12.63	13-55-52	1,2 N	31,5	3	492	3,3
6.12.63	01-51-33,1	3,5 S	29,2	3	145	3,0
7.12.63	07-44-37	0,5 S	29,2	3	295	3,5
8.12.63	01-41-18,2	2,8 S	29,1	3	70	3,0
8.12.63	02-20-51,4	2,8 S	29,1	3	70	3,0
8.12.63	16-16-48,2			3	141	3,8 U
8.12.63	10-00-24			3	490	3,2 n.übereinst.
13.12.63	21-11-22,7	3,4 S	29,1	3	136	4,2
17.12.63	01-29-12,5	5,4 S	27,6	3	365	3,3
17.12.63	13-35-38	5,7 S	29,6	3	385	3,2
23.12.63	08-08-00	0,3 S	29,5	3	230	3,2
24.12.63	08-33-26			3	285	3,0 wen.übereinst. wahr. ca. 130-150km SSE v. U

LEBENS LAUF

Am 28. November 1933 wurde ich, Jürgen Wohlenberg, als Sohn des Dipl.Kfm. Herbert Wohlenberg und seiner Ehefrau Elsbeth, geb. Kutz, in Berlin geboren. Die Reifeprüfung legte ich im März 1954 an der Rheingau-Oberschule in Berlin-Friedenau ab. Von 1954 bis 1958 studierte ich Physik an der Technischen Universität Berlin. Ab 1959 studierte ich Geophysik an der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Die Diplomvorprüfung bestand ich im November 1959. Das Hauptexamen für Geophysik legte ich im Juli 1962 ab.

Auf Einladung des Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale (I.R.S.A.C.) in der Dem. Republik Congo (Kinshasa) und mit finanzieller Unterstützung der U.S. National Science Foundation übernahm ich vom Mai 1964 bis zum September 1966 die Leitung der Abteilung Seismologie dieses Instituts. Seit meiner Rückkehr aus Afrika im September 1966 bin ich an der Erdbebenwarte des Geophysikalischen Observatoriums der Ludwig-Maximilians-Universität in Fürstfeldbruck tätig und fertigte unter Leitung von Prof. Dr. O. Förtsch meine Dissertation an.

